

**PENCAHAYAAN ALAMI PADA RUANG KELAS
(STUDI KASUS GEDUNG FAKULTAS ILMU SOSIAL UNIVERSITAS
NEGERI MALANG)**

SKRIPSI

**PROGRAM STUDI SARJANA ARSITEKTUR
LABORATORIUM SAINS DAN TEKNOLOGI BANGUNAN**

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



**MUHAMMAD ULIN NUHA
NIM. 115060500111022**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
MALANG
2018**



LEMBAR PENGESAHAN

PENCAHAYAAN ALAMI PADA RUANG KELAS (STUDI KASUS GEDUNG FAKULTAS ILMU SOSIAL UNIVERSITAS NEGERI MALANG)

SKRIPSI

PROGRAM STUDI SARJANA ARSITEKTUR
LABORATORIUM SAINS DAN TEKNOLOGI BANGUNAN

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



MUHAMMAD ULIN NUHA
NIM. 115060500111022

Skripsi ini telah direvisi dan disetujui oleh dosen pembimbing
pada tanggal Juni 2018

Mengetahui
Ketua Program Studi Sarjana Aritektural


Ir. Heru Sufianto, M.Arch.St., Ph.D.
NIP. 19650218 199002 1 001

Dosen Pembimbing


Ary Dedy Putranto, ST., MT.
NIK. 201106 820107 1 001

PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya dan berdasarkan hasil penelusuran berbagai karya ilmiah, gagasan dan masalah ilmiah yang diteliti dan diulas di dalam naskah skripsi ini adalah asli dari pemikiran saya. Tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu Perguruan Tinggi dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata didalam naskah skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur jiplakan, saya bersedia skripsi dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No 20 Tahun 2003 pasal 25 ayat 2 dan pasal 70).

Malang, Juni 2018

Mahasiswa,

METERAI
TEMPEL

52E2CAFF124433295

6000
ENAM RIBU RUPIAH

Muhammad Ulin Nuha

NIM. 115060500111022



Atas beribu rasa syukur kehadiran Allah SWT, dan penuh harap syafaat Rasulullah Muhammad SAW, skripsi ini penulis persembahkan kepada kedua orang tua, keluarga, sahabat dan pembaca yang merindukan setitik cahaya di malam gelap gulita.

Abah Mudlor, 2011 – هُمْ رِجَالٌ ، نَحْنُ yo رِجَالٌ

RINGKASAN

Pencahayaan alami pada ruang kelas gedung Fakultas Ilmu Sosial Universitas Negeri Malang ini membahas tentang solusi dan strategi yang dilakukan untuk meningkatkan kualitas penggunaan pencahayaan alami sesuai dengan standar.

Masalah yang terjadi pada bangunan adalah intensitas cahaya yang tinggi dan pencahayaan alami ruang yang tidak merata. Oleh karena itu dibutuhkan suatu kajian tentang solusi untuk penerapan pencahayaan alami pada ruang kelas dengan acuan standar SNI.

Penerapan pencahayaan alami ini diperoleh dengan melakukan modifikasi pada dimensi bukaan, material kaca, sun shading dan reflektor cahaya/lightshelf. Dimensi bukaan terkait dengan nilai WWR (Window to Wall Ratio) sesuai standar ditetapkan antara 25-50%, sedangkan material kaca yang digunakan adalah insulating glass yang memiliki nilai transmisi cahaya yang lebih kecil dari kaca eksisting (bening/clear). Desain sun shading diintegrasikan dengan penggunaan reflektor cahaya/lightshelf yang ditempatkan di dalam ruang, sehingga lebar sun shading yang berada di luar dapat diperkecil. Aplikasi reflektor cahaya/lightshelf yang paling pokok adalah mendistribusikan cahaya ke dalam ruang dengan cara memantulkan cahaya ke langit-langit sehingga dapat meratakan pencahayaan dalam ruang.

SUMMARY

Natural lighting in the classroom of Social Science Faculty's Building, State University of Malang is discussing about solutions and strategies undertaken to improve the quality of use of natural lighting in accordance with the standards.

Problems that occur in the building is the high light intensity and natural lighting uneven space. Therefore a study of solutions for the application of natural light in the classroom with reference to SNI standards is required.

The application of natural lighting is obtained by modifying of dimensions, glass materials, sun shadding and light reflectors/lightshelf. The open dimensions associated with the WWR (Window to Wall Ratio) standards are set between 25-50%, while the glass material used is insulating glass that has a smaller light transmission value than the existing glass (clear glass). The sun shadding design is integrated with the use of light reflectors/lightshelf placed inside the room, so the width of sun shadding outside can be minimized. The most common application of light reflector/lightshelf is to distribute light into space by reflecting light to the ceiling so it can flatten the lighting in space.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT, yang telah memberikan rahmat, hidayah, dan inayah-Nya kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul *Pencapaian Alami Pada Ruang Kelas (Studi Kasus Gedung Fakultas Ilmu Sosial Universitas Negeri Malang)*. Penulisan skripsi ini merupakan syarat untuk mendapatkan gelar sarjana teknik di Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.

Segala proses dalam penulisan skripsi ini tentu tidak lepas dari dukungan serta bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Ir. Heru Sufianto, M.Arch.St., Ph.D. selaku Ketua Program Studi Sarjana Arsitektur sekaligus Dosen Pembimbing Akademik yang telah memberikan izin dalam proses penyelesaian skripsi.
2. Bapak Ir. Chairil Budiarto Amiuza, MSA. selaku Kepala Lab. Dokumentasi dan Tugas Akhir.
3. Bapak Ary Dedy Putranto, ST., MT. selaku dosen pembimbing skripsi yang senantiasa memberikan bimbingan dan masukan dengan sabar hingga terselesaikannya penyusunan skripsi.
4. Bapak Jono Wardoyo, ST., MT. dan Bapak Beta Suryokusumo, ST., MT. selaku dosen penguji skripsi yang memberikan kritik dan saran demi kesempurnaan skripsi.
5. Kedua orang tua tercinta saya, bapak Niat Pramono dan ibu Siswati yang tanpa henti mendoakan, memberi dukungan moril maupun materil, serta selalu memberikan motivasi untuk menyelesaikan skripsi.
6. Adik Fuad Azhar Tajuddin yang semoga masa depannya lebih cerah dari kakakmu yang lulus S-1 membutuhkan waktu 7 tahun ini.
7. Abah (Alm.) Prof. Dr. Kyai H. Achmad Mudlor, SH. selaku pengasuh Lembaga Tinggi Pesantren Luhur Malang beserta dzuriyah dan dewan kyai yang selalu penulis harapkan berkah ilmu dan nasihatnya.
8. Sahabat seperjuangan santri Lembaga Tinggi Pesantren Luhur Malang yang selalu memberikan semangat serta dukungan selama penyusunan skripsi khususnya para pejuang skripsi SAHUR-11 (*lakon wisuda ker*i).

9. Teman-teman jurusan arsitektur angkatan 2011 yang telah memberikan pengalaman, semangat, dukungan, saran dan bala bantuannya selama menempuh studi di Universitas Brawijaya.
10. Teman-teman jurusan hukum Sekolah Tinggi Ilmu Hukum (STIH) “Sunan Giri” Malang, yang semoga tahun ini bisa wisuda bersama.
11. Segenap CEO sarijan coffee, kunil coffee, kidjang coffee, sangkil coffee, galdas coffee dan cokelat klasik, yang telah menyediaka tempat *nglembur* yang ideal.
12. Serta seluruh pihak yang tidak dapat disebutkan satu-persatu yang telah banyak membantu selama proses penyusunan skripsi.

Penulis menyadari, penulisan skripsi ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan demi tercapainya penulisan yang lebih baik kedepannya. Semoga skripsi ini bermanfaat dan dapat digunakan sebagaimana mestinya.

Malang, Juni 2018

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN ORISINALITAS.....	iii
PERUNTUKAN	iv
RINGKASAN.....	v
<i>SUMMARY</i>	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Identifikasi Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Rumusan Masalah	3
1.5 Tujuan Penelitian	3
1.6 Manfaat Penelitian	3
1.7 Sistematika Penulisan.....	4
1.8 Kerangka Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Tinjauan Pencahayaannya Alami.....	7
2.1.1 Pengertian Pencahayaannya Alami	7
2.1.2 Kriteria Pencahayaannya Alami.....	10

2.1.3	Faktor Pencahayaan Alami	12
2.1.4	Titik Pengukuran Pencahayaan Alami	13
2.2	Tinjauan Ruang Kelas.....	15
2.2.1	Pengertian Ruang Kelas	15
2.2.2	Standar Intensitas Pencahayaan Ruang Kelas.....	15
2.3	Tinjauan Selubung Bangunan	16
2.3.1	Pengertian Selubung Bangunan	16
2.3.2	Orientasi Bangunan.....	16
2.3.3	Dimensi Bukan.....	16
2.3.4	Material Kaca.....	17
2.3.5	<i>Sun Shadding</i>	21
2.3.6	Reflektor Cahaya/ <i>Lightshelf</i>	22
2.3.7	Peneduh Internal	23
2.4	Penelitian Terdahulu.....	24
2.5	Kerangka Teori	27
BAB III METODE PENELITIAN		29
3.1	Pendekatan dan Jenis Penelitian	29
3.2	Deskripsi Objek Penelitian	29
3.3	Variabel Penelitian.....	30
3.4	Tahapan Penelitian.....	31
3.4.1	Studi Literatur	31
3.4.2	Survey Lapangan.....	31
3.4.3	Pengukuran Kondisi Eksisting	32
3.4.4	Simulasi Kondisi Eksisting 1 Tahun Penuh.....	32
3.4.5	Kondisi Eksisting Berdasarkan Standar	33
3.4.6	Alternatif Desain	33
3.4.5	Rekomendasi Desain.....	33

3.5	Alat Penelitian.....	34
3.6	Sampel Penelitian.....	35
3.7	Waktu Penelitian	36
3.8	Metode Pengumpulan Data.....	37
3.8.1	Data Primer	37
3.8.2	Data Sekunder	38
3.9	Metode Analisis Data.....	38
3.10	Sintesis	38
3.11	Kerangka Penelitian	39
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		41
4.1	Tinjauan Objek Penelitian.....	41
4.2	Observasi Bangunan.....	43
4.3	Pengukuran Kondisi Eksisting	45
4.3.1	Metode Pengukuran Langsung.....	45
4.3.2	Metode Simulasi <i>Software</i>	46
4.3.3	Analisis Hasil Pengukuran Eksisting	48
4.3.4	Validasi Hasil Metode Pengukuran Eksisting	59
4.4	Analisis Simulasi Kondisi Eksisting 1 Tahun Penuh	61
4.5	Analisis Kondisi Eksisting Berdasarkan Standar	67
4.6	Analisis Alternatif Desain.....	70
4.6.1	Dimensi Bukaannya	70
4.6.2	Material Kaca	72
4.6.3	<i>Sun Shadding</i>	73
4.6.4	Reflektor Cahaya/ <i>Lightshelf</i>	79
4.7	Analisis Rekomendasi Desain.....	83
4.7.1	Perbandingan Kondisi Ruang Eksisting dengan Hasil Rekomendasi Desain	83
4.7.2	Perubahan Tampilan <i>Façade (Eksterior)</i> dan Ruang Dalam (<i>Interior</i>)	105

BAB V PENUTUP	109
5.1 Kesimpulan	109
5.2 Saran	110
DAFTAR PUSTAKA	111
LAMPIRAN-LAMPIRAN	113



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1	Sudut jatuh matahari dalam menentukan letak matahari	7
Gambar 2. 2	Diagram matahari pada 6°LS	8
Gambar 2. 3	Posisi <i>azimut</i> , <i>altitude</i> , SBV dan SBH	9
Gambar 2. 4	Komponen pencahayaan alami siang hari	11
Gambar 2. 5	Faktor Pencahayaan Alami	12
Gambar 2. 6	Titik pengukuran untuk luas ruangan kurang dari 10 m ²	13
Gambar 2. 7	Titik pengukuran untuk luas ruangan antara 10 m ² sampai 100 m ²	13
Gambar 2. 8	Titik pengukuran untuk luas ruangan lebih dari 100 m ²	14
Gambar 2. 9	Tinggi dan lebar cahaya efektif	14
Gambar 2. 10	<i>Clear Float Glass index</i>	17
Gambar 2. 11	<i>Tinted Float Glass index</i>	18
Gambar 2. 12	<i>Reflective Glass index</i>	19
Gambar 2. 13	<i>Insulating Glass index</i>	20
Gambar 2. 14	Beragam tipe <i>sun shading</i>	21
Gambar 2. 15	Penerapan reflektor cahaya/ <i>lightshelf</i>	22
Gambar 3. 1	Gedung Fakultas Ilmu Sosial Universitas Negeri Malang	29
Gambar 3. 2	Alat ukur <i>luxmeter</i>	34
Gambar 3. 3	Alat ukur meteran	35
Gambar 3. 4	Denah ruang kelas lantai 4 (typical) sebagai sampel peneitian	36
Gambar 4. 1	Lokasi objek penelitian	41
Gambar 4. 2	Kondisi eksisting sekitar bangunan	42
Gambar 4. 3	Titik pengukuran pencahayaan dalam ruang	45
Gambar 4. 4	Denah ruang kelas yang diukur	45
Gambar 4. 5	Denah ruang kelas dalam simulasi <i>software DIALux evo 7.1</i>	46
Gambar 4. 6	<i>Setting</i> koordinat lokasi dan kemiringan bangunan	47
Gambar 4. 7	<i>Setting</i> koordinat lokasi dan kemiringan bangunan	47
Gambar 4. 8	Kinerja distribusi cahaya alami pada ruang	79
Gambar 4. 9	Detail <i>lightshelf</i>	80

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1	Standar intensitas pencahayaan untuk fungsi bangunan pendidikan ...	15
Tabel 2. 2	Rangkuman penelitian terdahulu	24
Tabel 3. 1	Klasifikasi jenis variabel.....	30
Tabel 4. 1	Klasifikasi tipe ruang dan bukaan.....	43
Tabel 4. 2	Jenis material pada elemen bangunan.....	44
Tabel 4. 3	Analisis hasil pengukuran eksisting.....	48
Tabel 4. 4	Validasi pengukuran langsung dan simulasi <i>software</i>	59
Tabel 4. 5	Analisis simulasi kondisi eksisting 1 tahun penuh	61
Tabel 4. 6	Perbandingan kondisi eksisting berdasarkan standar	67
Tabel 4. 7	Analisis alternatif dimensi bukaan.....	71
Tabel 4. 8	Analisis alternatif jenis kaca	72
Tabel 4. 9	SBV dan SBH pada sisi <i>façade</i> utara	73
Tabel 4. 10	SBV dan SBH pada sisi <i>façade</i> selatan	73
Tabel 4. 11	Visualisasi pola pembayangan ruang berdasarkan SBV dan SBH....	74
Tabel 4. 12	SBV dan SBH yang diambil sebagai acuan.....	77
Tabel 4. 13	Visualisasi pembayangan dengan <i>sun shading</i> optimal.....	78
Tabel 4. 14	Visualisasi pembayangan dengan <i>sun shading</i> dan <i>lightshelf</i>	81
Tabel 4. 15	Perbandingan kondisi ruang eksisting dengan hasil rekomendasi.....	83
Tabel 4. 16	Perubahan tampilan <i>façade</i> (<i>eksterior</i>) bangunan	105
Tabel 4. 17	Perubahan tampilan ruang dalam (<i>interior</i>) bangunan	106
Tabel 4. 18	Detail perubahan dimensi, material dan bentukan bukaan	107

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Cahaya matahari sebagai sumber pencahayaan alami merupakan salah satu sumber energi terbarukan yang sangat berlimpah di Indonesia. Sebagai negara yang melintang dari barat sampai ke timur di bawah garis khatulistiwa, negara ini sangat kaya akan energi yang dihasilkan oleh matahari. Kondisi geografis ini pula yang membawa pada stabilnya cahaya matahari yang diterima diseluruh wilayah di Indonesia sepanjang tahun (Parmonangan Manurung, 2012).

Dalam pemanfaatan potensi pencahayaan alami terdapat sisi positif atau keuntungan yang didapat yaitu mengurangi beban energi listrik sekaligus mengoptimalkan kenyamanan visual karena cahaya matahari merupakan cahaya yang memiliki spektrum yang paling cocok dengan respon visual manusia, sehingga kualitas pencahayaan alami jauh lebih baik daripada pencahayaan buatan (Lim et al., 2012).

Sedangkan sisi negatifnya adalah bahwa kondisi sumber cahaya alami ini yang selalu berubah-ubah karena terjadi perubahan waktu dan cuaca, selain itu jika cahaya yang masuk ke dalam ruang terlalu banyak maka akan mengakibatkan silau/*glare*, serta pengaruh kedalaman ruang yang menyebabkan distribusi cahaya yang tidak merata karena cahaya yang masuk tidak mencapai bagian terdalam pada ruang.

Gedung Fakultas Ilmu Sosial Universitas Negeri Malang merupakan bangunan tinggi yang terdiri dari 7 lantai yang berbentuk persegi panjang dengan orientasi bangunan memanjang ke arah barat dan timur dengan sudut kemiringan -15° terhadap sumbu utara. Hal ini secara teori sudah sesuai dengan ciri bangunan topis. Terlebih pada bangunan ini hanya terdapat bukaan pada sisi utara dan selatan dan tidak terdapat bukaan pada sisi barat dan timur yang mendapatkan intensitas cahaya matahari yang sangat tinggi.

Bukaan pada gedung Fakultas Ilmu Sosial Universitas Negeri Malang terkait dengan elemen pada selubung bangunan yakni menggunakan jendela dengan memakai kaca

bening/*clear* yang dilengkapi dengan *sun shading* sebagai elemen pembayang untuk mengurangi silau/*glare* pada ruang.

Namun dalam aplikasinya masih terdapat beberapa kekurangan diantaranya intensitas cahaya yang masuk ke dalam ruang sangat tinggi dan perbedaan intensitas cahaya yang sangat kontras antara area yang dekat bukaan dengan area dalam yang jauh dari bukaan, sehingga menimbulkan pencahayaan yang tidak merata dalam ruang.

Tingginya intensitas pencahayaan alami pada ruang tersebut diberikan solusi yakni dengan penggunaan material tirai. Namun jenis/spesifikasi tirai yang dipakai dinilai kurang tepat sehingga mengakibatkan cahaya alami tidak dapat masuk dengan baik. Tidak optimalnya pencahayaan alami pada ruang mengharuskan penggunaan lampu pada siang hari yang seharusnya tidak perlu.

Dari beberapa kendala pada bangunan tersebut, yang menjadi pokok dari permasalahan adalah tentang upaya pemanfaatan pencahayaan alami yang dalam aplikasinya belum tepat dan belum terpenuhinya intensitas pencahayaan alami yang cukup.

Kaitannya dengan intensitas pencahayaan, pada ruang kelas terdapat beberapa aktivitas yang menuntut pencahayaan yang standar untuk kelancaran aktivitas yang bersangkutan seperti kegiatan belajar mengajar, membaca, menulis dan menggunakan komputer. Standar intensitas pencahayaan yang ditetapkan menurut SNI 03-6575-2001 untuk intensitas cahaya ruang kelas adalah 250 lux. Oleh karena itu diperlukan beberapa strategi penerapan pencahayaan alami pada ruang kelas di gedung Fakultas Ilmu Sosial Universitas Negeri Malang untuk mendapatkan nilai intensitas pencahayaan sesuai standar yang ditetapkan SNI.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang penelitian, dapat diidentifikasi beberapa permasalahan yang terjadi pada objek penelitian, antara lain:

- a. Intensitas pencahayaan alami pada ruang sangat tinggi/melebihi standar.
- b. Perbedaan intensitas cahaya yang sangat kontras antara area yang dekat bukaan dengan area dalam yang jauh dari bukaan, sehingga menimbulkan pencahayaan yang tidak merata dalam ruang.
- c. Penggunaan material tirai kurang tepat yang mengakibatkan tidak optimalnya pencahayaan alami dan mengharuskan penggunaan lampu pada siang hari.

1.3 Batasan Masalah

Agar pembahasan masalah dalam penelitian ini menjadi fokus dan terarah, maka ditetapkan batasan-batasan masalah sebagai berikut:

- a. Obyek penelitian yakni ruang kelas di gedung Fakultas Ilmu Sosial Universitas Negeri Malang.
- b. Permasalahan yang diambil fokus pada pemenuhan standar tingkat pencahayaan dan pemerataan cahaya dalam ruang.
- c. Elemen bangunan yang diujikan yakni luas bukaan, material kaca, dimensi serta peletakan *sun shadding* dan reflektor cahaya/*lightshelf*.

1.4 Rumusan Masalah

Masalah yang ingin diselesaikan dalam penelitian ini yakni bagaimana solusi untuk penerapan pencahayaan alami pada ruang kelas di gedung Fakultas Ilmu Sosial Universitas Negeri Malang?

1.5 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui solusi untuk penerapan pencahayaan alami pada ruang kelas di gedung Fakultas Ilmu Sosial Universitas Negeri Malang.

1.6 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini sebagai berikut:

- a. Manfaat bagi peneliti : mengetahui solusi untuk penerapan pencahayaan alami pada ruang kelas.
- b. Manfaat bagi akademis : menghasilkan konsep penerapan pencahayaan alami pada ruang kelas yang dapat dikembangkan pada penelitian selanjutnya.
- c. Manfaat bagi praktisi : meningkatkan kualitas penggunaan pencahayaan alami dengan aplikasi hasil rekomendasi desain pada ruang kelas di gedung Fakultas Ilmu Sosial Universitas Negeri Malang.

1.7 Sistematika Penulisan

a. BAB I : PENDAHULUAN

Secara umum menjelaskan tentang potensi pencahayaan alami serta kelebihan dan kekurangannya dalam penggunaannya. Memberikan gambaran secara garis besar tentang permasalahan yang terjadi pada objek penelitian dan merumuskan masalah yang perlu diselesaikan. Menyusun batasan masalah agar penelitian lebih fokus dan merumuskan tujuan serta manfaat penelitian yang ingin dicapai.

b. BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

Tinjauan literatur tentang pencahayaan alami, ruang kelas dan elemen-elemen pada selubung bangunan yang dapat menunjang penelitian. *Me-review* penelitian terdahulu untuk mempermudah dalam penyusunan kerangka penelitian yang sesuai dengan teori, temuan, maupun hasil penelitian sejenis, juga untuk menghindari duplikasi dari penelitian yang sudah dilakukan sebelumnya.

c. BAB III : METODE PENELITIAN

Memberikan gambaran tentang metode dan pendekatan yang dipakai. Menjelaskan langkah-langkah yang ditempuh dalam melakukan penelitian secara jelas dan berurutan dari awal hingga akhir penelitian.

d. BAB IV : HASIL DAN PEMBAHASAN

Menjabarkan hasil dari penerapan metode yang dipakai dan evaluasi yang telah dilakukan terkait dengan objek/bangunan yang diteliti. Memberikan penjelasan tentang proses pencarian alternatif-alternatif desain, hingga merumuskan hasil akhir dari rekomendasi desain yang dianggap paling ideal.

e. BAB V : PENUTUP

Penutup berupa kesimpulan berdasarkan hasil dan pembahasan yang dikaitkan dengan latar belakang, rumusan masalah, dan tujuan dari penelitian, serta terdapat saran berupa hal-hal yang perlu dikembangkan pada penelitian selanjutnya.

1.8 Kerangka Penelitian

Latar Belakang

- Potensi pencahayaan alami pada bangunan sangat luar biasa, didukung dengan orientasi bangunan yang sudah sesuai dengan ciri-ciri bangunan tropis
- Masalah yang terjadi pada bangunan adalah intensitas cahaya yang tinggi, pencahayaan yang tidak merata, penggunaan tirai yang dinilai kurang tepat karena tidak dapat memaksimalkan pencahayaan alami, sehingga memaksa penggunaan lampu pada siang hari.
- Yang menjadi pokok dari permasalahan adalah tentang upaya pemanfaatan pencahayaan alami yang dalam aplikasinya belum tepat dan belum terpenuhinya intensitas pencahayaan alami yang cukup.
- Intensitas pencahayaan untuk fungsi ruang kelas menurut SNI adalah 250 lux.

Identifikasi Masalah

- Intensitas pencahayaan alami pada ruang sangat tinggi/melebihi standar.
- Perbedaan intensitas cahaya yang sangat kontras antara area yang dekat bukaan dengan area dalam yang jauh dari bukaan, sehingga menimbulkan pencahayaan yang tidak merata dalam ruang.
- Penggunaan material tirai kurang tepat yang mengakibatkan tidak optimalnya pencahayaan alami dan mengharuskan penggunaan lampu pada siang hari.

Batasan Masalah

- Obyek penelitian yakni ruang kelas di gedung Fakultas Ilmu Sosial Universitas Negeri Malang.
- Permasalahan yang diambil fokus pada pemenuhan standar tingkat pencahayaan dan pemerataan cahaya dalam ruang.
- Elemen bangunan yang diujikan yakni luas bukaan, material kaca, dimensi serta peletakan *sun shading* dan reflektor cahaya/*lightshelf*.

Rumusan Masalah

- Bagaimana solusi untuk penerapan pencahayaan alami pada ruang kelas di gedung Fakultas Ilmu Sosial Universitas Negeri Malang?

Tujuan Penelitian

- Mengetahui solusi untuk penerapan pencahayaan alami pada ruang kelas di gedung Fakultas Ilmu Sosial Universitas Negeri Malang.

Manfaat Penelitian

- Bagi peneliti : mengetahui solusi penerapan pencahayaan alami pada ruang kelas.
- Bagi akademis : menghasilkan konsep penerapan pencahayaan alami pada ruang kelas yang dapat dikembangkan pada penelitian selanjutnya.
- Bagi praktisi : meningkatkan kualitas penggunaan pencahayaan alami dengan aplikasi hasil rekomendasi desain pada ruang kelas di gedung Fakultas Ilmu Sosial Universitas Negeri Malang.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

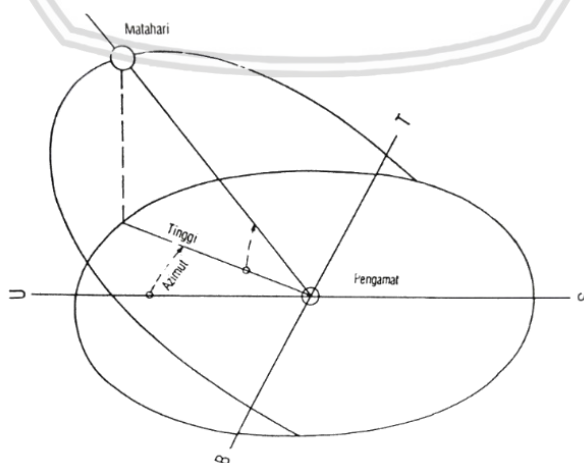
2.1 Tinjauan Pencahayaan Alami

2.1.1 Pengertian Pencahayaan Alami

Sebagai energi yang bersumber dari alam, matahari merupakan sumber cahaya terbaik yang dapat di manfaatkan untuk pencahayaan. Sumber cahaya matahari mempunyai cahaya yang kuat tetapi bervariasi menurut jam, musim, dan tempat/lokasi.

Mangunwijaya (1988) mengatakan bahwa langit perencanaan adalah sumber penerangan berasal dari langit, yang dianggap memiliki penyebaran (*distributon*) terang yang merata dan berukuran sama (*uniform brightness distribution*). Kekuatan penerangan alami yang diberikan oleh langit perencanaan tersebut ditetapkan sebesar 10.000 lux.

Dalam pencahayaan alami aspek yang menjadi pokok adalah keberadaan sumber cahaya itu sendiri yakni matahari, dimana matahari mempunyai posisi yang relatif terhadap suatu tempat di bumi. Gambar 2.1 berikut adalah proses penentuan letak matahari yang dihitung dari sudut jatuh matahari dimana posisi matahari dapat dirumuskan dalam sudut ketinggian pengamat dan sudut *azimut* (sudut deklinasi matahari dari arah utara).



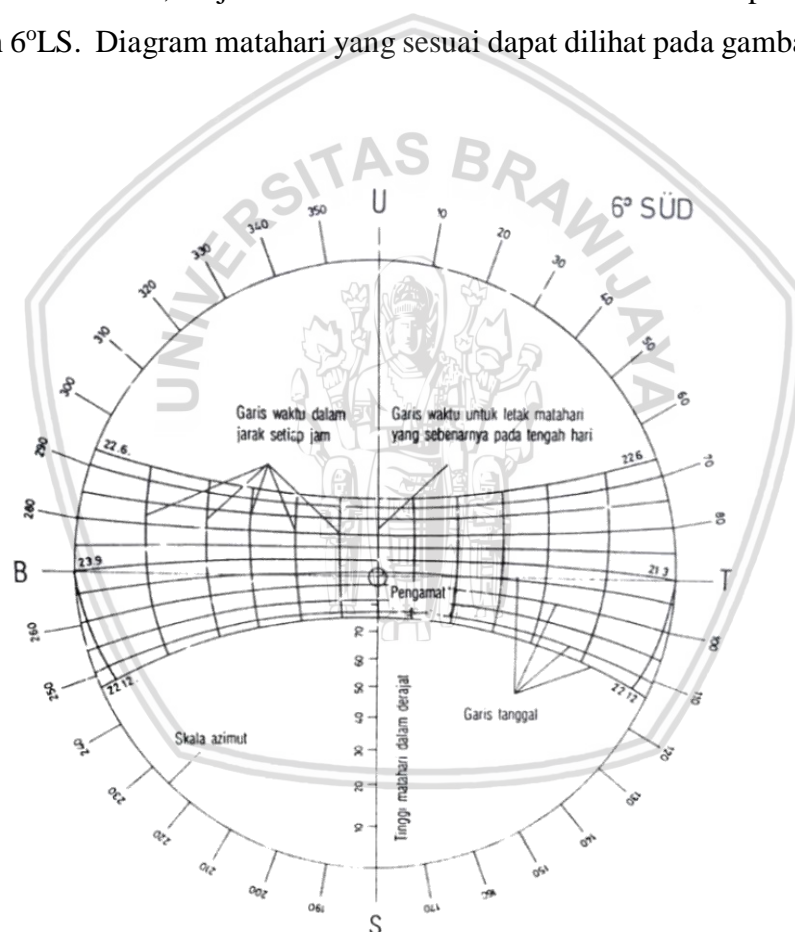
Gambar 2. 1 Sudut jatuh matahari dalam menentukan letak matahari

Sumber : Lippsmier (1994)

Pemanfaatan pencahayaan alami sangat terkait erat dengan posisi geografis suatu bangunan karena pergerakan relatif matahari pada setiap koordinat di bumi berbeda-beda. Untuk itu diperlukan diagram matahari yang dapat membantu pengamatan dan perkiraan posisi matahari satu tahun penuh.

Jika perhitungan penentuan letak matahari tersebut dilakukan sepanjang tahun dan dicatat dalam interval waktu dalam setiap harinya, maka akan didapatkan gambar posisi diagram matahari yang menunjukkan peredaran matahari selama satu tahun penuh pada suatu lokasi tertentu. Metode ini disebutkan Lippsmier (1994) sebagai metode grafis.

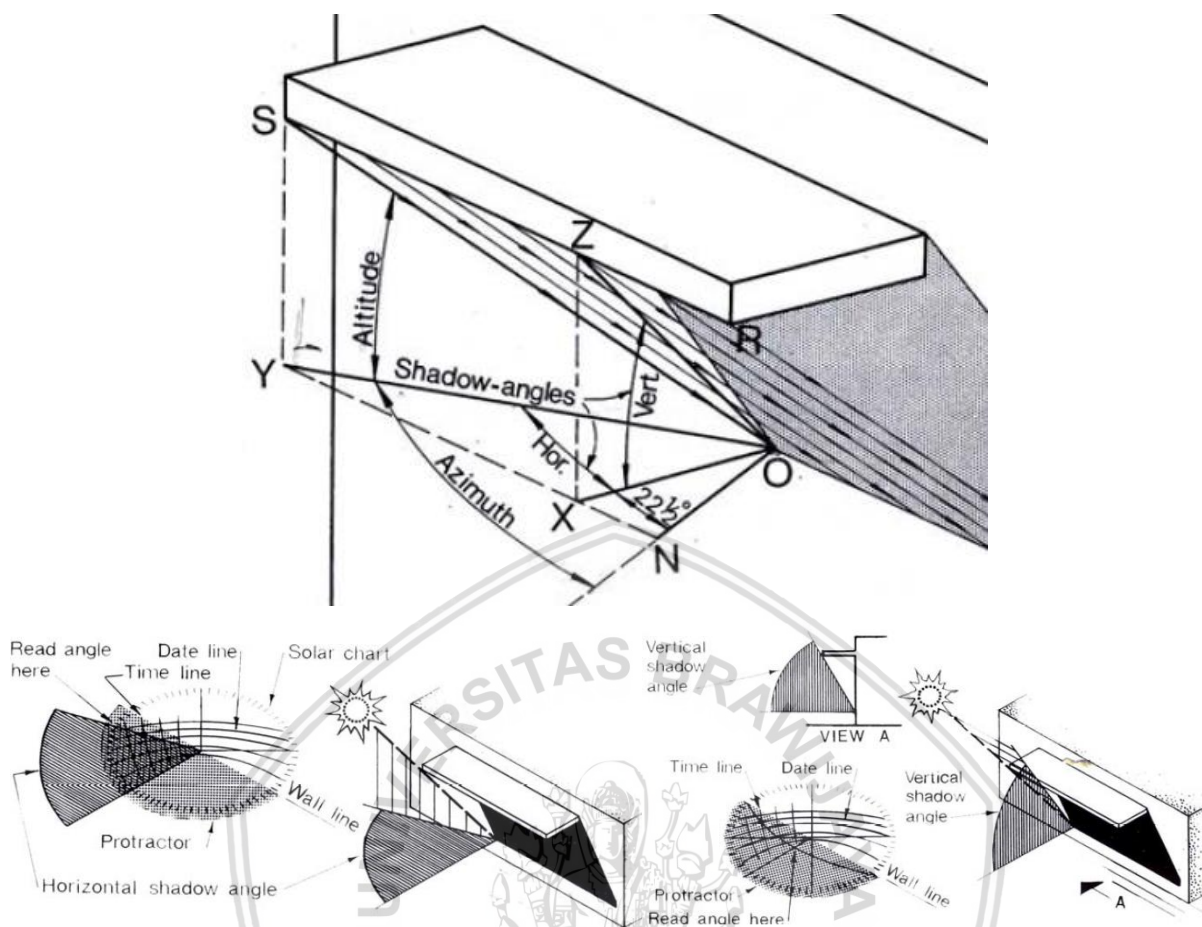
Dalam penelitian ini, objek studi berada di Indonesia dimana posisi koordinat lokasinya adalah 6°LS . Diagram matahari yang sesuai dapat dilihat pada gambar 2.2 berikut :



Gambar 2. 2 Diagram matahari pada 6°LS

Sumber : Lippsmier (1994)

Dari diagram matahari tersebut dapat diketahui titik puncak peredaran matahari yakni pada tanggal 21 Juni (posisi puncak matahari di belahan bumi utara), pada tanggal 23 September atau 21 Maret (posisi matahari tepat di atas pengamat) dan pada tanggal 22 Desember (posisi puncak matahari di belahan bumi selatan).



Gambar 2.3 Posisi azimuth, altitude, SBV dan SBH

Sumber : Lippsmier (1994)

Selain itu terdapat beberapa istilah yang seringkali digunakan pada perancangan pencahayaan alami. Berikut adalah penjabaran dari beberapa istilah yang terkait dengan pencahayaan alami pada bangunan:

- Azimut* adalah deklinasi matahari dari Utara, diukur dengan derajat dari Utara ke Timur, Selatan, Barat dan kembali ke Utara (menurut arah jarum jam).
- Tinggi matahari (*altitude*) adalah sudut antara horison dan matahari.
- Garis tanggal digambarkan dalam arah timur – barat dan merupakan representasi jalan matahari dari matahari terbit sampai matahari terbenam pada hari yang bersangkutan. Dari posisi pengamat, yang selalu berada di pusat lingkaran, matahari terlihat bergerak pergi dan kembali sekali setahun antara garis-garis tanggal untuk 22,6 dan 22,12.

- d. Garis jam adalah garis yang terletak vertikal terhadap garis tanggal, masing-masing dalam jarak satu jam. Garis yang bersamaan dengan sumbu utara – selatan menunjukkan waktu tengah hari setempat yang sebenarnya, artinya waktu dimana tinggi matahari terbesar dari *azimut* tepat 180° atau 360° (tergantung pada tempat dan musim).
- e. SBV (Sudut Bayangan Vertikal) adalah sudut pada potongan atau tampak antara arah cahaya matahari dengan bidang *horizontal*.
- f. SBH (Sudut Bayangan Horizontal) adalah sudut pada denah antara arah cahaya matahari dengan garis normal terhadap dinding.

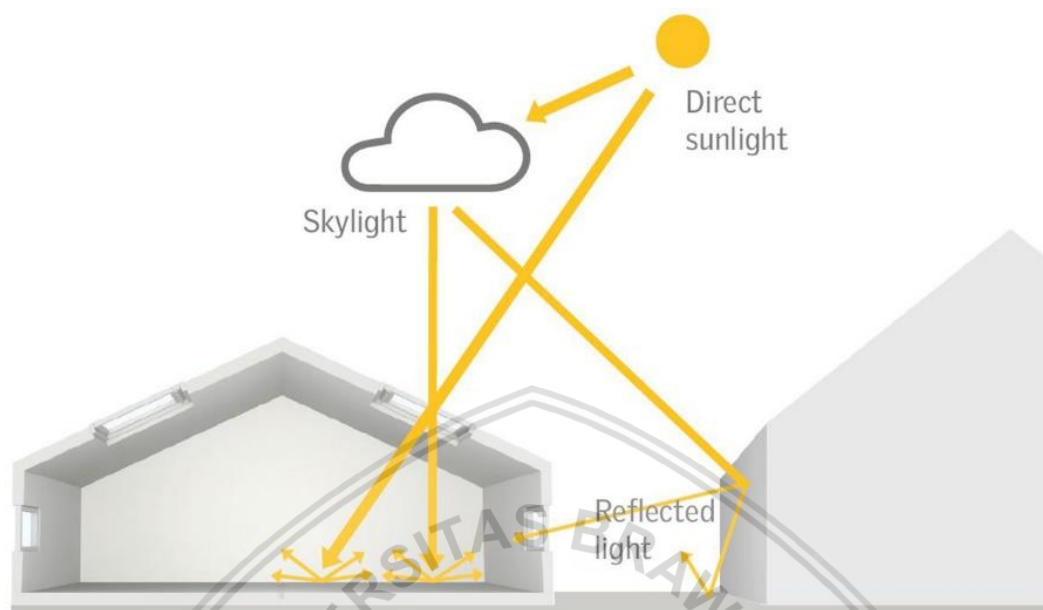
2.1.2 Kriteria Pencahayaan Alami

Sumber cahaya pada pencahayaan alami yakni berasal dari cahaya matahari. Standar untuk mendapatkan pencahayaan alami pada suatu ruang diperlukan jendela-jendela yang besar ataupun dinding kaca sekurang-kurangnya $1/6$ dari luas lantai. Pencahayaan alami diperoleh dengan masuknya sinar matahari ke dalam ruangan melalui jendela, celah-celah dan bagian bangunan yang terbuka.

Pencahayaan alami siang hari dapat dikatakan baik apabila pada siang hari antara jam 08.00 sampai dengan jam 16.00 waktu setempat terdapat cukup banyak cahaya yang masuk ke dalam ruangan serta distribusi cahaya di dalam ruangan cukup merata dan atau tidak menimbulkan kontras yang mengganggu.

Tingkat pencahayaan alami di dalam ruangan ditentukan oleh tingkat pencahayaan langit pada bidang datar di lapangan terbuka pada waktu yang sama. Perbandingan tingkat pencahayaan alami di dalam ruangan dan pencahayaan alami pada bidang datar di lapangan terbuka ditentukan oleh hubungan geometris antara titik ukur dan lubang cahaya, ukuran dan posisi lubang cahaya, distribusi terang langit dan bagian langit yang dapat dilihat dari titik ukur.

Sumber cahaya yang dapat dimanfaatkan agar penggunaan pencahayaan alami menjadi lebih efektif antara lain dapat dilihat pada gambar 2.4 berikut:

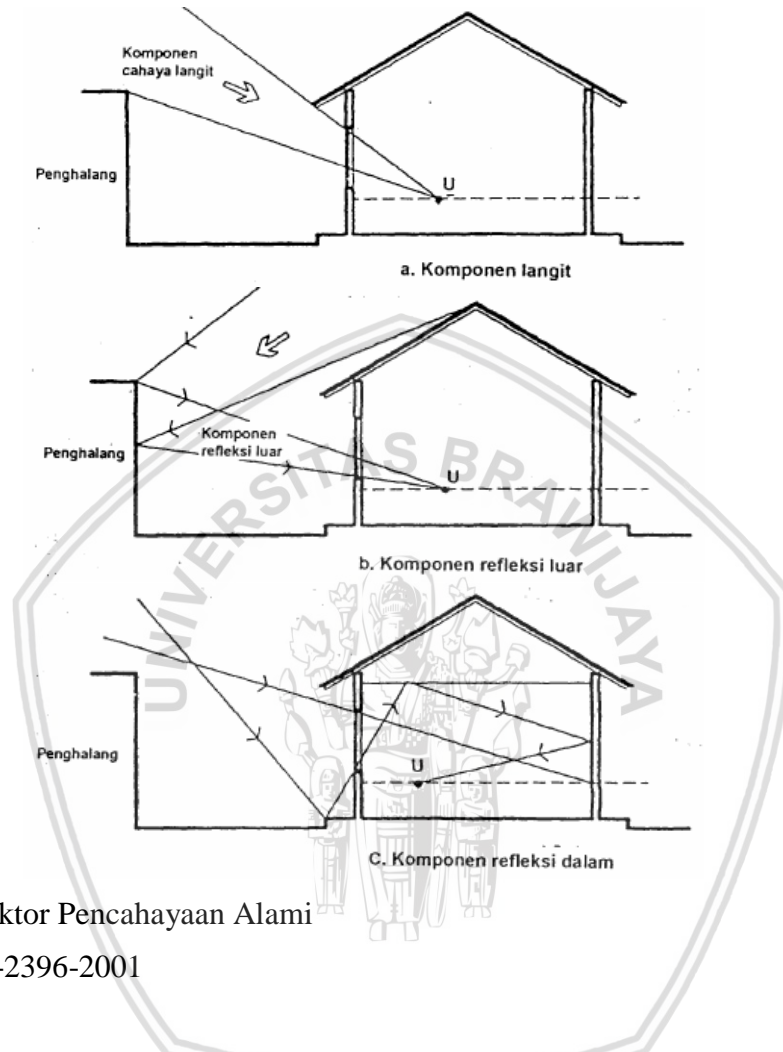


Gambar 2. 4 Komponen pencahayaan alami siang hari
Sumber : <https://www.velux.com/deic/daylight/daylighting>

- Direct sunlight* : cahaya matahari langsung ditandai dengan intensitas yang sangat tinggi dan konstan. Iluminasi yang dihasilkan dapat melebihi 100.000 lux.
- Skylight* : skylight ditandai oleh sinar matahari yang tersebar di atmosfer dan awan, sehingga cahaya bersifat lembut dan menyebar. Tingkat pencahayaan yang dihasilkan oleh langit rata-rata mencapai 10.000 lux.
- Reflected light* : adalah cahaya yang sudah dipantulkan oleh tanah, vegetasi, elemen bangunan, dll. Reflektansi permukaan di sekitarnya akan mempengaruhi jumlah total cahaya yang dipantulkan tergantung jenis dan bahannya.

2.1.3 Faktor Pencahayaan Alami

Faktor pencahayaan alami terdiri dari 3 komponen yang dapat dilihat pada gambar 2.5 berikut, yakni meliputi:



Gambar 2. 5 Faktor Pencahayaan Alami

Sumber : SNI 03-2396-2001

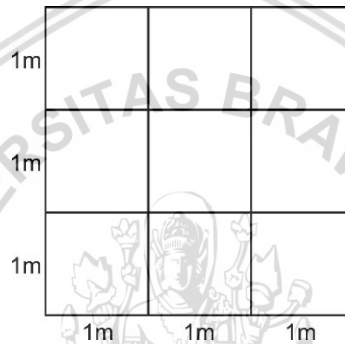
- Komponen langit (faktor langit – fl) yakni komponen pencahayaan langsung dari cahaya langit.
- Komponen refleksi luar (faktor refleksi luar – frl) yakni komponen pencahayaan yang berasal dari refleksi benda-benda yang berada di sekitar bangunan yang bersangkutan.
- Komponen refleksi dalam (faktor refleksi dalam – frd) yakni komponen pencahayaan yang berasal dari refleksi permukaan dalam ruangan, dan cahaya yang masuk ke dalam ruangan akibat refleksi benda-benda di luar ruangan maupun dari cahaya langit.

2.1.4 Titik Pengukuran Pencahayaan Alami

Untuk menentukan titik pengukuran dalam ruang, terdapat petunjuk teknis dalam SNI 16-7062-2004 tentang Pengukuran Intensitas Penerangan di Tempat Kerja yakni mengenai jarak tertentu yang dapat dibedakan berdasarkan luas ruangan sebagai berikut:

- a. Luas ruangan kurang dari 10 m^2

Jika luas ruangan tidak lebih dari 10 m^2 , maka dibuat titik potong garis horizontal panjang dan lebar ruangan pada jarak setiap 1 meter. Contoh denah pengukuran intensitas pencahayaan untuk luas ruangan kurang dari 10 m^2 seperti gambar 2.6 berikut:

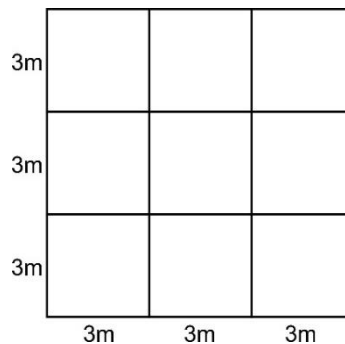


Gambar 2. 6 Titik pengukuran untuk luas ruangan kurang dari 10 m^2

Sumber : SNI 03-2396-2001

- b. Luas ruangan antara 10 m^2 sampai 100 m^2

Jika luas ruangan berkisar antara 10 m^2 sampai 100 m^2 , maka titik potong garis horizontal panjang dan lebar ruangan adalah pada jarak setiap 3 meter. Contoh denah pengukuran intensitas pencahayaan untuk luas ruangan ini dapat dilihat seperti pada gambar 2.7 berikut:

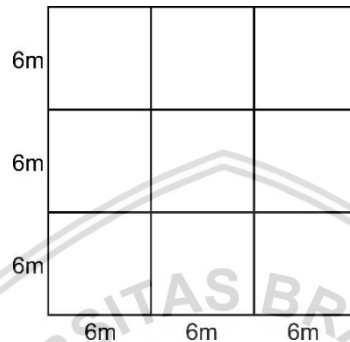


Gambar 2. 7 Titik pengukuran untuk luas ruangan antara 10 m^2 sampai 100 m^2

Sumber : SNI 03-2396-2001

- c. Luas ruangan lebih dari 100 m^2

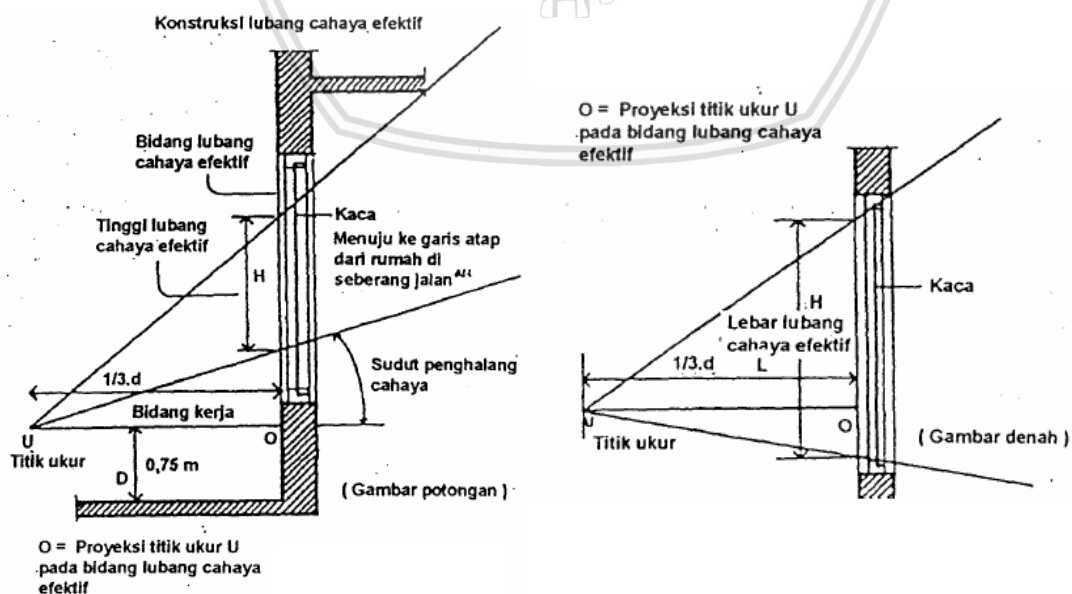
Jika luas ruangan yang diukur memiliki luas lebih dari 100 m^2 , maka penentuan titik potong horizontal panjang dan lebar ruangan adalah pada jarak setiap 6 meter. Contoh denah pengukuran intensitas pencahayaan untuk ruangan dengan luas lebih dari 100 m^2 seperti gambar 2.8 berikut:



Gambar 2. 8 Titik pengukuran untuk luas ruangan lebih dari 100 m^2

Sumber : SNI 03-2396-2001

Sedangkan untuk ketinggian titik ukur sesuai SNI 03-2396-2001 tentang Tata Cara Perancangan Sistem Pencahayaan Alami pada Bangunan Gedung, diambil pada suatu bidang datar yang letaknya pada tinggi 0,75 meter di atas lantai. Bidang datar tersebut disebut bidang kerja. Lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 2.9 berikut:



Gambar 2. 9 Tinggi dan lebar cahaya efektif

Sumber : SNI 03-2396-2001

2.2 Tinjauan Ruang Kelas

2.2.1 Pengertian Ruang Kelas

Ruang kelas pada bahasan ini yaitu ruang yang berfungsi sebagai tempat mengadakan aktivitas belajar mengajar. Ruang kelas memiliki aktivitas visual yang tinggi dengan pergerakan yang rendah seperti membaca, menulis, dan melihat ke papan tulis. Ruang kelas ini lokasinya berada pada bangunan perguruan tinggi. Untuk mendukung fungsinya tersebut maka pada ruang kelas dibutuhkan intensitas pencahayaan yang baik guna memperlancar aktivitas bagi pengguna di dalamnya.

2.2.2 Standar Intensitas Pencahayaan Ruang Kelas

Pengaturan tentang intensitas pencahayaan pada bangunan, secara umum telah diatur dalam SNI 03-6197-2000 (Tata cara perancangan sistem pencahayaan alami pada bangunan gedung). Tabel 2.1 berikut ini merupakan SNI tentang standar intensitas pencahayaan khusus untuk fungsi bangunan pendidikan:

Tabel 2. 1 Standar intensitas pencahayaan untuk fungsi bangunan pendidikan

Fungsi Ruangan	Tingkat pencahayaan (Lux)	Kelompok renderasi warna	Temperatur warna		
			Warm white <3300K	Cool white 330K-5300K	Daylight >5300K
Ruang kelas	250	1 atau 2		●	●
Perpustakaan	300	1 atau 2		●	●
Laboratorium	500	1		●	●
Ruang gambar	750	1		●	●
Kantin	200	1	●	●	

Sumber : SNI 03-6197-2000

Kaitan dengan penelitian kali ini yang terfokus pada fungsi ruang kelas, pada SNI tersebut dijelaskan rekomendasi minimal tingkat pencahayaan dalam ruang untuk bangunan pendidikan khususnya pada ruang kelas yakni 250 lux.

2.3 Tinjauan Selubung Bangunan

2.3.1 Pengertian Selubung Bangunan

Selubung bangunan terdiri dari komponen tak tembus cahaya (misalnya dinding) dan sistem fenestrasi atau komponen tembus cahaya (misalnya jendela) yang memisahkan interior bangunan dari lingkungan luar. Selubung bangunan memberikan perlindungan terhadap pengaruh lingkungan luar yang tidak dikehendaki seperti panas, radiasi, angin, hujan, kebisingan, polusi, dll.

Selubung bangunan atau amplop bangunan bukan hanya bentuk dua dimensi permukaan luar saja melainkan suatu ruang transisi yang berperan sebagai teater interaksi antara ruang luar dan ruang dalam (Mangunwijaya 2000).

Selubung bangunan sebagai kulit bangunan yang bereaksi langsung terhadap kondisi iklim ditentukan dari jenis material yang digunakan. Material bangunan menjadi media perantara antara ruang luar dan ruang dalam. Pemilihan material bangunan yang akan digunakan dipengaruhi pertimbangan iklim. Faktor-faktor yang perlu diperhatikan yaitu karakteristik dan ketebalan material dan warna permukaan luar dari material.

2.3.2 Orientasi Bangunan

Karena pergerakan harian dan tahunan dari matahari, radiasi matahari yang diterima selubung bangunan bervariasi untuk setiap orientasi. Untuk lokasi penelitian berada dinding vertikal pada arah barat dan timur menerima radiasi matahari rata-rata yang sangat tinggi dibandingkan dengan arah utara dan selatan.

Untuk menghindari perolehan radiasi matahari yang berlebihan, permukaan utama selubung bangunan dengan jendela sedapat mungkin diorientasikan ke utara dan selatan. Ini memungkinkan jendela mendapatkan pencahayaan alami dengan tetap meminimalkan perolehan radiasi matahari secara berlebih. Sebagai solusi, ruang-ruang servis dan tangga dengan dinding masif dapat diletakkan di sisi barat dan timur.

2.3.3 Dimensi Bukan

Proporsi luas bukaan yang efektif memiliki pengaruh sangat besar terhadap intensitas pencahayaan dalam bangunan. Hal ini dikarenakan bukaan secara efektif dapat memasukkan cahaya kedalam bangunan berbeda dengan dinding masif. Oleh karena itu rasio luas jendela terhadap dinding/*WWR (Window to Wall Ratio)* untuk bangunan fungsi pendidikan ditentukan antara 25% sampai 50%.

Kelebihan lain dari pembatasan rasio ini adalah karena konstruksi jendela biasanya lebih mahal daripada konstruksi dinding, mengurangi *WWR* juga dapat menurunkan biaya konstruksi. (IFC Guide, 2012)

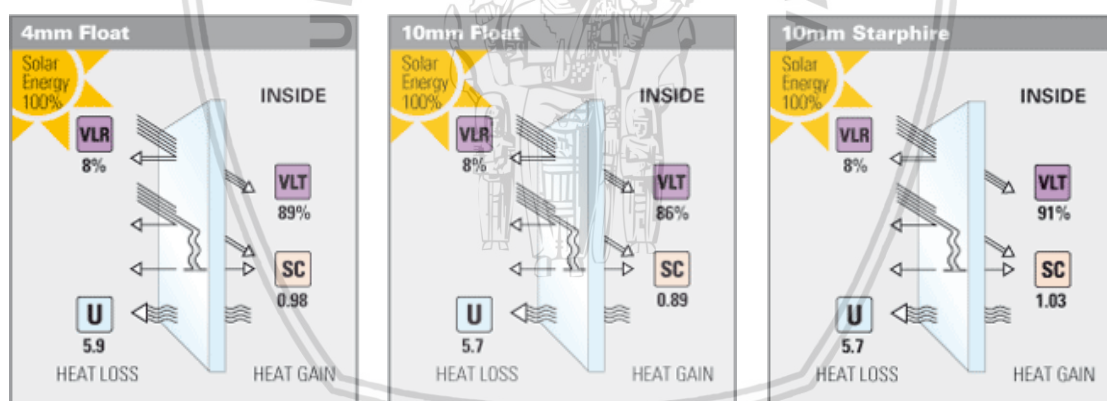
2.3.4 Material Kaca

Material kaca memiliki berbagai karakteristik yang berbeda-beda. Kaitannya dengan penggunaan material kaca untuk pencahayaan, terdapat istilah *visible light* yang menerangkan tentang sifat kaca apabila digunakan/ditempus dengan cahaya.

Terdapat 2 sifat pokok dalam aspek *visible light* ini yang mempengaruhi dalam aspek pencahayaan, yaitu nilai transmitansi cahaya/*visible light transmittance* (*VLT*) dan nilai pemantulan cahaya/*visible light reflectance* (*VLR*).

Saat ini jenis kaca sangat beragam diproduksi sesuai dengan penggunaannya dalam bangunan. Jenis kaca yang penting dan umum digunakan sebagai bahan bangunan antara lain sebagai berikut:

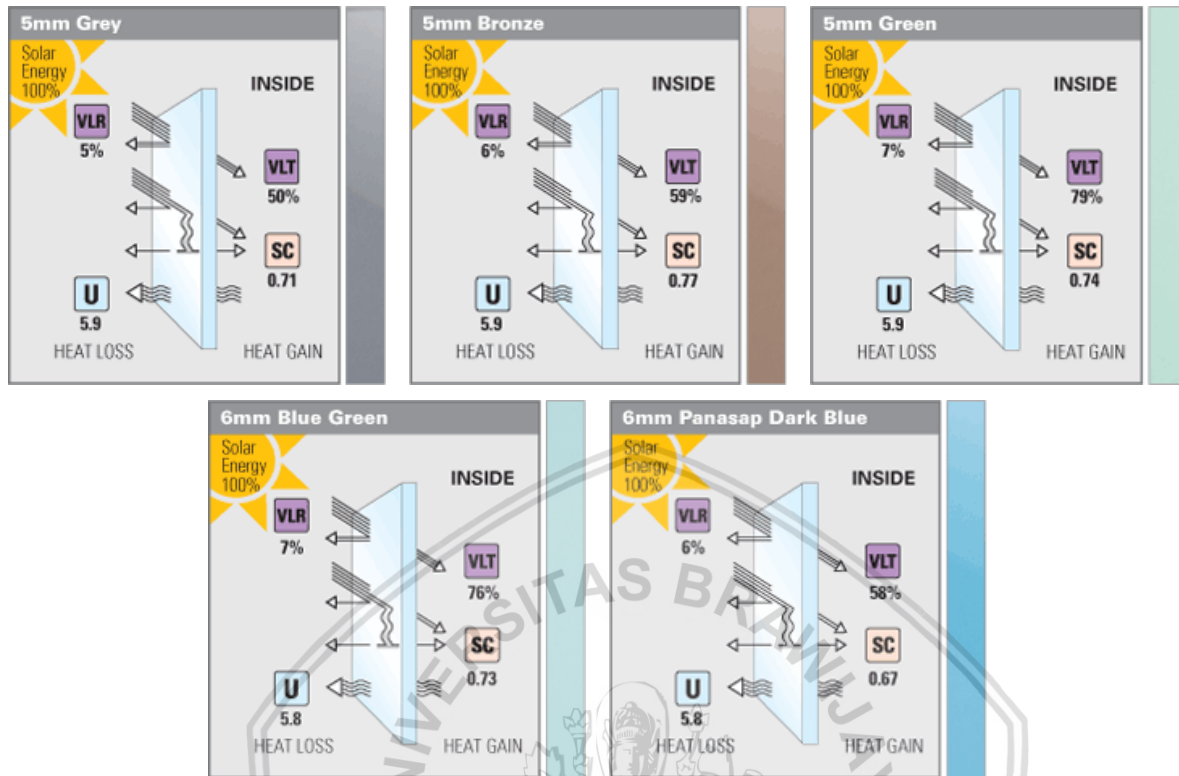
a. Clear Float Glass



Gambar 2. 10 *Clear Float Glass index*

Sumber : www.metroglass.co.nz

Kaca ini juga sering disebut dengan kaca polos dan jenis kaca yang paling banyak diaplikasikan pada bangunan. Kaca ini tidak berwarna, memiliki permukaan yang sangat bersih, rata dan bebas distorsi. Karena sifat kacanya yang tidak berwarna dan tidak bertekstur, kaca ini menawarkan nilai transmisi cahaya/*visible light transmittance* (*VLT*) yang tinggi yakni hingga mencapai 91%, sedangkan nilai pemantulan cahaya/*visible light reflectance* (*VLR*) yang rendah yakni sebesar 8% saja, tergantung dari ketebalan kacanya.

b. *Tinted Float Glass*Gambar 2. 11 *Tinted Float Glass index*Sumber : www.metroglass.co.nz

Tinted float diproduksi dengan menambahkan oksida logam selama produksi float glass. Terlepas dari fungsinya dalam arti estetika, pelapis berwarna terutama dirancang untuk mengurangi panas matahari, sinar UV dan silau di dalam bangunan.

Kaca jenis ini dapat menyerap energi matahari. Kualitas penyerap panas ini berarti kaca mengalami tekanan thermal sehingga beberapa produk yang lebih tebal atau lebih gelap mungkin perlu dikencangkan untuk menghindari kerusakan akibat tegangan thermal.

Dikarenakan sifat kacanya yang memiliki warna, kaca ini memiliki nilai transmisi cahaya/*visible light transmittance (VLT)* yang rendah yakni kisaran 50% - 79% tergantung dari jenis warna yang digunakan, sedangkan nilai pemantulan cahaya/*visible light reflectance (VLR)* sangat rendah yakni 5% - 7% saja, tergantung dari warna kacanya.

c. *Reflective Glass*



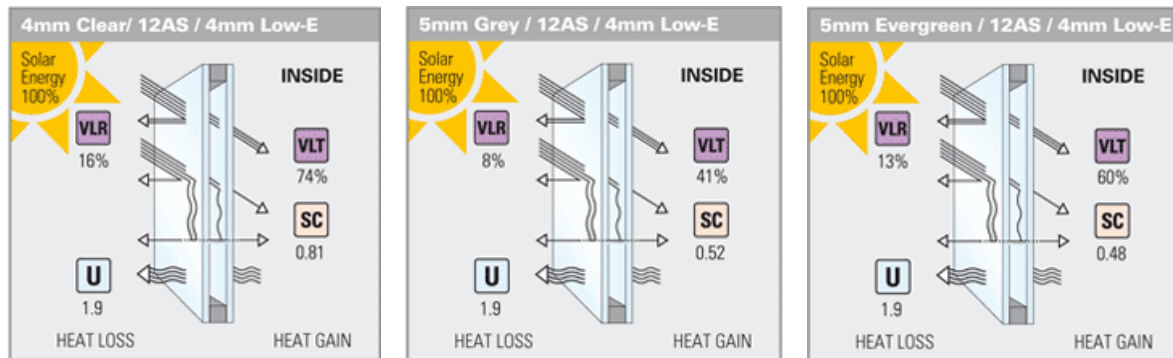
Gambar 2. 12 *Reflective Glass index*

Sumber : www.metroglass.co.nz

Kaca reflektif memiliki penampilan mirip cermin yakni memantulkan serta dapat menyerap sebagian besar radiasi gelombang pendek matahari langsung. Tingkat reflektifitas tergantung pada jenis lapisan dan orientasi kaca.

Cara kerjanya yaitu dengan menambahkan lapisan khusus pada permukaan kaca yang dapat membuatnya reflektif terhadap radiasi gelombang pendek dari matahari atau radiasi gelombang panjang dari panas di dalam atau di luar gedung.

Dikarenakan sifat kacanya yang mirip cermin, namun kaca jenis ini masih mampu meneruskan cahaya yang cukup baik, kaca ini memiliki nilai transmisi cahaya/*visible light transmittance* (VLT) kisaran 19% - 58%, sedangkan nilai pemantulan cahaya/*visible light reflectance* (VLR) sangat tinggi yakni mencapai 30% - 34%, tergantung dari warna kacanya.

d. *Insulating Glass*Gambar 2. 13 *Insulating Glass index*Sumber : www.metroglass.co.nz

Jenis kaca ini dirancang untuk menyediakan insulasi thermal untuk mengurangi induksi panas dari luar ke dalam bangunan. *Insulating glass* ini kadang-kadang disebut juga dengan sistem *Double Glazing*.

Double Glazing adalah unit kaca isolasi yang terdiri dari dua atau lebih panel kaca yang dipisahkan di sekitar tepi oleh spacer aluminium dan kondisi dalam spacer dibuat tertutup, sehingga bahan udara yang berada di dalam spacer tidak dapat keluar. Spacer biasanya berisi molekul *sieve desiccant* (zat pengering) yang menyerap uap lembab di dalam rongga.

Meskipun fungsi utama dari jenis kaca ini adalah sebagai upaya pengkondisian thermal bangunan yang dapat dilihat dari nilai U yang rendah (induksi panas rendah), namun kaca ini juga memiliki nilai transmisi cahaya yang lebih rendah jika dibandingkan kaca bening. Lebih tepatnya kaca ini memiliki nilai transmisi cahaya/*visible light transmittance* (VLT) kisaran 41% - 74%, sedangkan nilai pemantulan cahaya/*visible light reflectance* (VLR) kisaran 8% - 16%, tergantung dari warna kacanya.

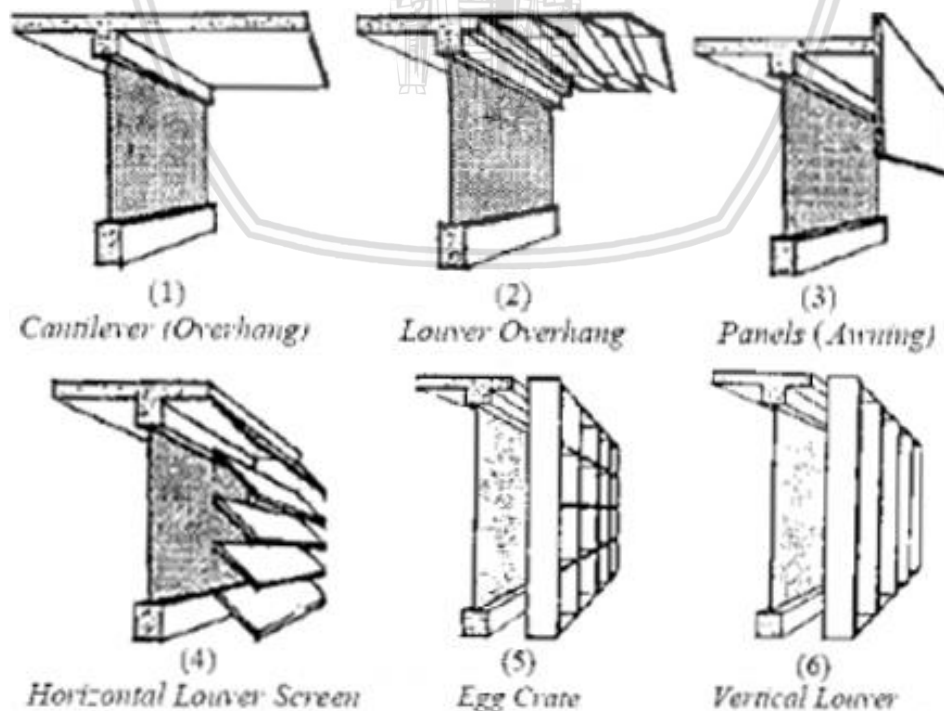
2.3.5 Sun Shadding

Merupakan bidang penghalang sinar matahari yang melindungi bukaan dari paparan cahaya matahari langsung. Dimensi dari *sun shadding* ini ditentukan oleh waktu dan posisi geografis daerah tersebut. Untuk mengetahui lebar bidang *sun shadding* dapat diukur dengan menggunakan diagram *sunpath*.

Fungsi utama dari *sun shadding* sebenarnya ialah untuk mengurangi beban panas. Menurut Lechner (2001), sun shading merupakan salah satu strategi dan langkah pertama untuk mencapai kenyamanan termal didalam bangunan, akan tetapi untuk mencapai kenyamanan termal terdapat aspek lain yang harus diperhitungkan.

Akan tetapi dalam aplikasi lanjutan, terdapat pengaruh yang besar pula terhadap kualitas pencahayaan alami dengan penggunaan *sun shadding*, sehingga perlu kiranya elemen ini dimasukkan dalam salah satu variabel dalam penelitian ini.

Jenis sun shading sangat beragam dan terbagi menjadi beberapa klasifikasi, *sun shading* dibagi menjadi 3, yaitu *external*, *interpane* dan *internal*. Menurut B.Givoni (1976) *sun shading* berfungsi mengontrol sinar matahari yang masuk pada bangunan. Pada dasarnya hanya ada dua tipe, yaitu *horizontal sun shading* dan *vertical sun shading*. Untuk melihat berbagai jenis tipe *sun shading* dapat dilihat pada gambar 2.12 berikut:



Gambar 2. 14 Beragam tipe *sun shading*

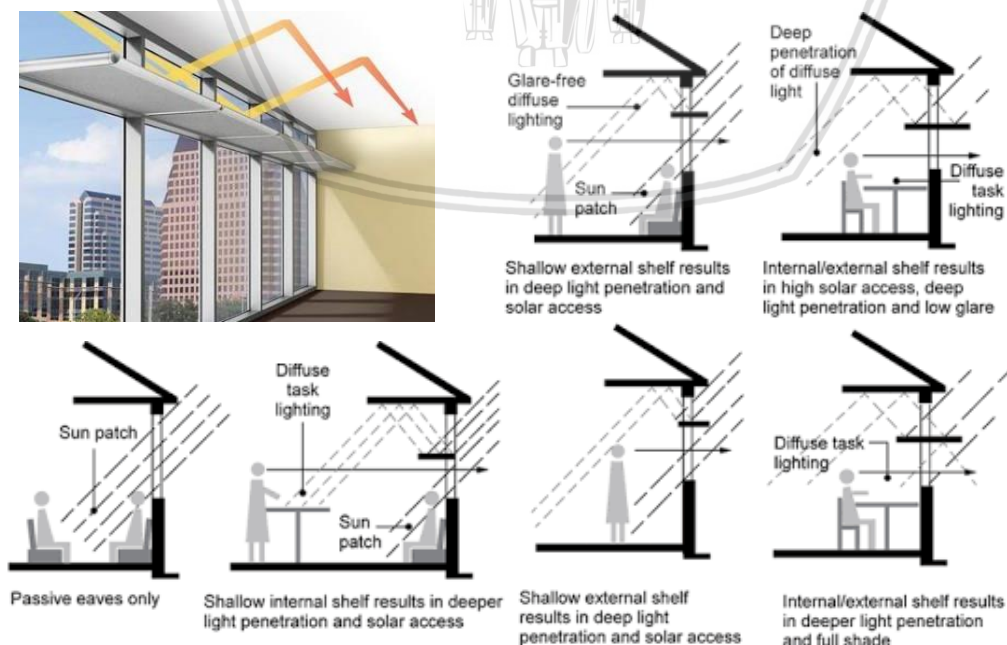
Sumber : Egan, 1975

2.3.6 Reflektor Cahaya/Lightshelf

Lightshelf merupakan peneduh *horizontal* yang diletakkan pada interior dan terbuat dari bahan yang reflektif. Aplikasi *lightshelf* ini efektif untuk menghalangi sinar matahari langsung namun tetap memungkinkan menyebarkan/memantulkannya ke dalam ruang. Fungsi utama dari *lightshelf* ini adalah untuk memantulan cahaya secara merata ke bagian terdalam ruangan hingga memungkinkan cahaya masuk sampai 2,5 kali jarak antara lantai dan bagian atas bukaan.

Reflektor cahaya (*lightshelf*) adalah elemen horisontal yang membagi jendela menjadi dua bagian. Jendela bagian atas untuk pencahayaan alami dan jendela bagian bawah untuk pandangan (*vision*). Selain berfungsi sebagai peneduh bukaan bagian bawah, reflektor cahaya tersebut juga berfungsi untuk memantulkan cahaya matahari yang datang dari bagian atas bukaan untuk membantu penetrasi pencahayaan alami ke dalam ruangan yang jauh dari bukaan.

Kaca di atas reflektor perlu memiliki transmisi cahaya (*visible transmittance*) yang lebih tinggi, sedangkan kaca di bawah reflektor bisa memiliki transmisi cahaya (*visible transmittance*) yang lebih rendah. Guna mendapatkan distribusi pencahayaan alami yang lebih baik, permukaan atas reflektor serta langit-langit ruangan harus memiliki daya pantul yang tinggi.



Gambar 2. 15 Penerapan reflektor cahaya/*lightshelf*

Sumber : www.yourhome.gov.au/energy/lighting

2.3.7 Peneduh Internal

Peneduh internal berfungsi untuk menahan radiasi matahari setelah melewati jendela kaca dan mencegah terjadinya radiasi matahari yang langsung mengenai penghuni dan bagian interior yang lebih dalam. Namun, peneduh internal tidak seefektif peneduh eksternal (*sun shading*) dalam hal mengurangi beban pendinginan. Hal ini disebabkan radiasi panas tersebut sudah terlanjur masuk ke dalam ruangan melalui kaca jendela serta diradiasikan dan dikonveksikan di dalam ruang.

Peneduh internal pada umumnya bisa diatur sepenuhnya untuk memenuhi kebutuhan individual dari penghuni dan tersedia dengan berbagai desain dan warna sehingga dapat dipadupadankan dengan rancangan elemen interior lainnya. Dari segi desain, peneduh internal dapat dibedakan sebagai peneduh rol (*roller shades*), tirai horisontal (*horizontal blinds*), tirai vertikal (*vertical blinds*) dan gordena.

Masalah utama dengan peneduh internal adalah bahwa pengguna jarang mengatur bukaan tirai sesuai dengan pergerakan matahari (misalnya membuka kembali tirai ketika ruangan sudah tidak silau atau panas). Karena tirai yang ditutup juga mengurangi kinerja pencahayaan alami, hal ini dapat menyebabkan konsumsi energi yang jauh lebih tinggi untuk sistem pencahayaan dikarenakan penggunaan lampu pada siang hari.

Untuk menghindari masalah tersebut, penghuni bangunan perlu diberi pengertian untuk menutup dan membuka tirai sesuai dengan kebutuhan penghuni serta intensitas radiasi matahari.

2.4 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu ini diambil dari beberapa sumber yang relevan dengan penelitian yang akan dilakukan sehingga bisa menjadi penunjang yang akurat dalam melakukan penelitian. Tabel 2.2 berikut beberapa hasil yang dapat dirangkum:

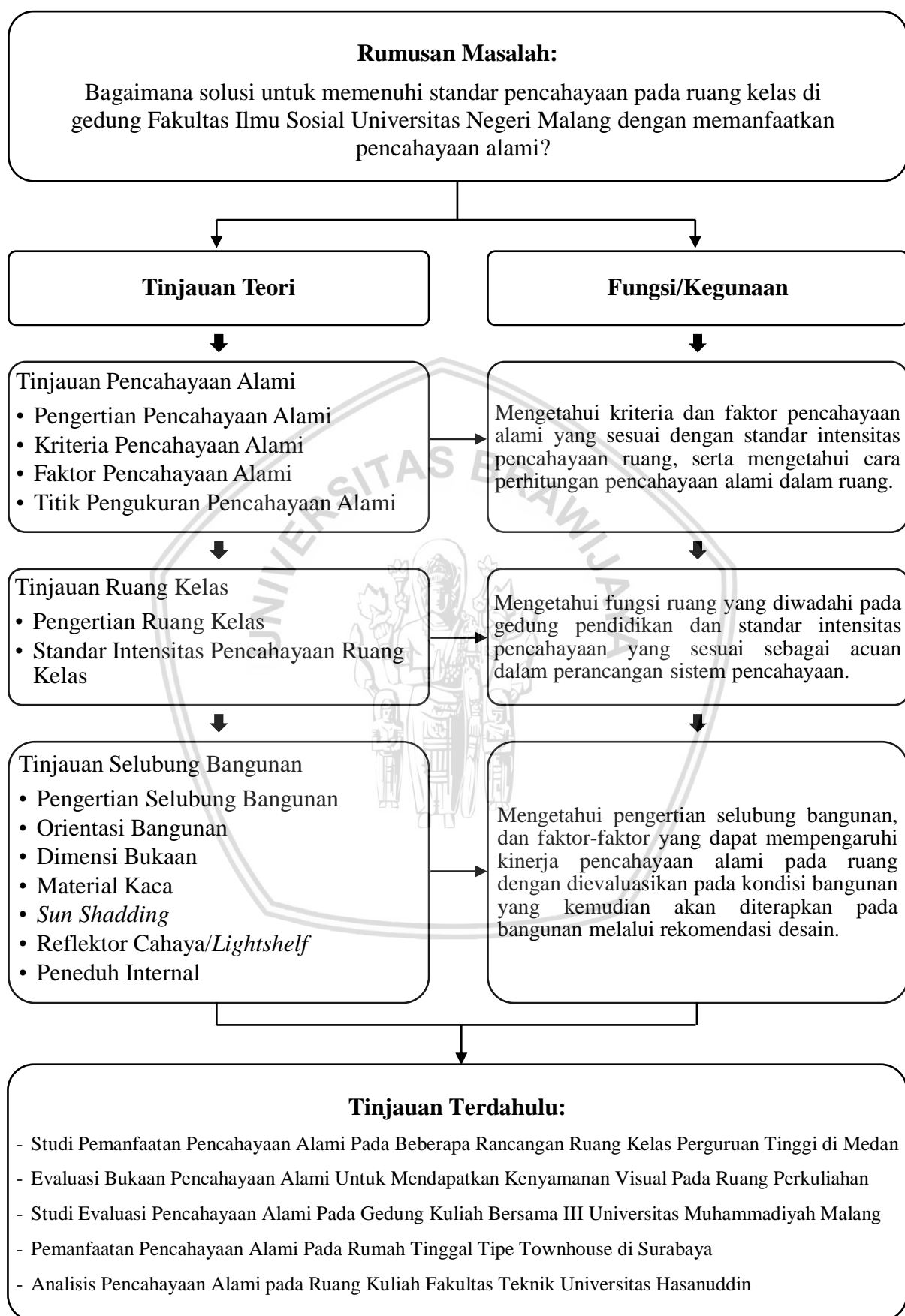
Tabel 2. 2 Rangkuman penelitian terdahulu

Jenis penelitian/ Tahun/Penulis/ Instansi	Judul	Tujuan Penelitian	Hasil Penelitian
Tesis/2008/ Ferry Anderson Sihombing/ Universitas Sumatera Utara	Studi Pemanfaatan Pencahayaan Alami Pada Beberapa Rancangan Ruang Kelas Perguruan Tinggi di Medan	Mengetahui pengaruh letak bukaan pencahayaan alami terhadap kualitas pencahayaan ruang kelas Mengetahui kondisi intensitas di ruang kelas	Ruang kelas yang memenuhi persyaratan pencahayaan alami adalah ruang kelas 4.3. Universitas Medan Area Ruang kelas L.4.7. pada Universitas HKBP Nomensen dan ruang kelas 1.2. Universitas Pembinaan Masyarakat Indonesia kurang memenuhi persyaratan pencahayaan alami
Jurnal/2016/ Dwi Risky Febrian Dhini/ Universitas Brawijaya	Evaluasi Bukaan Pencahayaan Alami Untuk Mendapatkan Kenyamanan Visual Pada Ruang Perkuliahan	Mengevaluasi desain bukaan pencahayaan alami Memberikan rekomendasi desain untuk meningkatkan kenyamanan visual pada ruang perkuliahan Gedung Teknik Sipil Polinema	Penggunaan shading device berfungsi menghalangi sinar matahari langsung masuk sebaliknya sinar matahari yang masuk adalah sinar matahari yang sudah terbayangi Penggunaan kombinasi warna dan material dengan reflektansi rendah dapat menurunkan tingkat pencahayaan ruang mencapai 1% Melalui penambahan <i>lightshelf</i> , distribusi cahaya lebih merata. Hal ini meminimalisir area terlalu gelap yang berada jauh dari bukaan dan area terlalu terang yang berada dekat bukaan

			<p>Kenyamanan visual ruang perkuliahan dapat tercapai melalui penggunaan shading device dengan panjang yang sesuai orientasi sudut datang matahari, penggunaan bukaan pencahayaan berupa jendela dengan persentase luas yang sesuai standar, pemilihan warna dan material pada interior yaitu plafon, lantai, dinding dengan tingkat reflektansi yang sesuai dan penggunaan <i>lightshelf</i> untuk distribusi cahaya yang baik.</p>
<p>Jurnal/2011/ Ode Rapija Gw/ Univerrstas Muhammadiyah Malang</p>	<p>Studi Evaluasi Pencahayaan Alami Pada Gedung Kuliah Bersama III Universitas Muhammadiyah Malang</p>	<p>Mengetahui performansi sistim penerangan alami pada peningkatan penggunaanya pada ruang-ruang gedung GKB III</p>	<p>Lantai satu dengan tingkat pencahayaan yang rendah sebaiknya digunakan untuk ruangruang audio visual atau rapat, atau yang tidak digunakan untuk membaca dan menulis, karena pada sebagian besar ruang di lantai satu tingkat pencahayaan hanya sebesar 30 lux dan tingkat pencahayaan maksimum hanya sekitar 300 lux di dekat jendela.</p> <p>Penataan ruang pada masing-masing unit kegiatan yang beberapa menempati ruang dalam ruang, sehingga cakupan penerangan alami sangat rendah.</p> <p>Pada lantai dua dengan fungsi perkantoran jurusan serta laboratorium komputer sudah tepat dengan tingkat pencahayaan sebagian besar ruang mencapai 200 lux, di dekat jendela tingkat pencahayaan maksimum mencapai 500 lux.</p> <p>Ruang kuliah pada lantai 3 dan 4 mempunyai tingkat pencahayaan yang sangat tinggi, pada lantai tiga mencapai 120-240 lux di sebagian besar ruang dan di sekitar jendela mencapai 1200 lux, penerangan yang tidak merata sangat mengganggu kenyamanan visual pemakai ruang. Pada lantai empat sebagaian besar ruang memiliki tingkat pencahayaan sebesar 200-400 lux dan mencapai maksimum 1800 lux di sekitar jendela.</p>

<p>Jurnal/2011/ Purnama Esa Dora/ Universitas Kristen Petra</p>	<p>Pemanfaatan Pencahaya- an Alami Pada Rumah Tinggal Tipe Townhouse di Surabaya</p>	<p>Mengetahui beberapa cara yang dapat dilakukan untuk memasukkan cahaya matahari saja ke dalam rumah dengan mengurangi panas yang masuk ke dalam bangunan</p>	<p>Memperbesar dimensi bukaan (jendela dan pintu) secara otomatis akan memperbesar area masuknya cahaya dan pertukaran udara. Umumnya luas bukaan jendela adalah $\frac{1}{6}$ - $\frac{1}{8}$ luas lantai ditambah bovent list sedikitnya $\frac{1}{3}$ kali luas bidang jendela. Secara keseluruhan bukaan ideal mencapai 40 – 80% luas keseluruhan dinding atau 10 – 20% luas keseluruhan lantai</p> <p>Skylight secara umum adalah bukaan yang terdapat di langit-langit ruangan. Bukaan ini dapat berupa jendela <i>horizontal</i>, roof lantern (istilah untuk kaca yang disusun sedemikian rupa sehingga menyerupai rumah lentera yang diletakkan di plafon), dan oculus (bukaan berbentuk lingkaran yang lazim ditemui di arsitektur abad 16)</p> <p>Louvre dan kanopi merupakan salah satu alternative untuk menghalau panas matahari masuk ke dalam ruangan</p>
<p>Jurnal/2016/ Samsuddin Amin/ Universitas Hasanuddin</p>	<p>Analisis Pencahaya- an Alami pada Ruang Kuliah Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin</p>	<p>Mengetahui bagaimana tingkat iluminasi dalam ruang kuliah, apakah berpengaruh terhadap orientasi bangunan dan bagaimana intensitas cahaya pada area bukaan selubung bangunan</p>	<p>Penelitian ini menyimpulkan bahwa tingkat iluminasi pada ruang kuliah Fakultas teknik UNHAS tidak memenuhi standar iluminasi yang direkomendasikan oleh SNI yaitu sebesar 250 lux, namun mahasiswa masih dapat mengikuti per-kuliahan dengan baik</p> <p>Hasil penelitian menyimpulkan bahwa tingkat iluminasi berpengaruh terhadap orientasi bangunan dan semakin jauh area dari bukaan selubung bangunan maka tingkat iluminasi pada area tersebut semakin rendah</p>

2.5 Kerangka Teori



BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Pendekatan dan Jenis Penelitian

Penelitian mengenai evaluasi pencahayaan alami ini merupakan jenis penelitian kuantitatif dengan melakukan pengukuran yang menghasilkan data-data berupa angka. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pencahayaan alami eksisting dan memberikan rekomendasi desain pencahayaan alami yang ideal mengacu pada SNI intensitas pencahayaan pada fungsi ruang kelas.

3.2 Deskripsi Objek Penelitian

Gedung Fakultas Ilmu Sosial Universitas Negeri Malang berlokasi di kawasan kampus Universitas Negeri Malang, tepatnya di Jalan Semarang No. 5 Kota Malang. Gedung ini memiliki total 7 lantai dengan fungsi ruang jurusan/kantor dosen, ruang rapat, laboratorium, ruang kelas dan hall/aula serbaguna.



Gambar 3. 1 Gedung Fakultas Ilmu Sosial Universitas Negeri Malang

Sumber : fis.um.ac.id

Zonasi fungsi bangunan pada gedung ini terbagi menjadi 3 yakni lantai 1 dan lantai 2 sebagai ruang jurusan/kantor dosen, ruang rapat dan laboratorium, kemudian lantai 3 sampai lantai 6 sebagai ruang kelas, terakhir lantai 7 sebagai hall/aula serbaguna. secara bentuk *typical* ruang dan *façade*, gedung ini dapat dibagi menjadi 2 tipe yakni lantai 1-2 serta lantai 3-7.

Untuk detail bangunan seperti layout, site, denah, tampak, potongan dan detail-detail elemen bangunan, dapat dilihat pada lampiran 1 terkait DED Gedung Fakultas Ilmu Sosial Universitas Negeri Malang.

3.3 Variabel Penelitian

Penelitian tentang evaluasi pencahayaan alami pada gedung Fakultas Ilmu Sosial Universitas Negeri Malang ini menghasilkan rekomendasi desain pencahayaan alami yang ideal dengan melakukan beberapa langkah modifikasi aspek bangunan sebagai upaya pemenuhan standar intensitas pencahayaan.

Penerapan rekomendasi ini bertujuan untuk memenuhi intensitas pencahayaan yang sesuai SNI pada fungsi ruang kelas, sehingga variabel yang digunakan pada penelitian kali ini adalah sebagai berikut:

Tabel 3. 1 Klasifikasi jenis variabel

Jenis Variabel	Keterangan
Variabel kontrol	Lokasi bangunan, letak geografis, orientasi bangunan, dimensi ruang, fungsi ruang
Variabel terikat	Intensitas pencahayaan alami
Variabel bebas	Dimensi bukaan, jenis kaca, ukuran dan posisi <i>sun shading</i> serta reflektor cahaya/ <i>lightshelf</i>

Khusus untuk jenis variabel bebas, peneliti hanya mengambil aspek dimensi bukaan, jenis kaca, ukuran dan posisi *sun shading* serta reflektor cahaya/*lightshelf* saja dikarenakan keterbatasan penelitian ini.

Dasar pengambilan batasan ini adalah adanya kemungkinan jika hanya dengan aspek ini saja penelitian ini sudah dapat memberikan arah pemenuhan standar pencahayaan alami pada ruang kelas dalam rangka menyusun rekomendasi desain yang cukup baik. Bahasan ini sudah penulis cantumkan di batasan masalah pada bab pertama.

3.4 Tahapan Penelitian

3.4.1 Studi Literatur

a. Teori pencahayaan alami

Penelitian ini berfokus pada pencahayaan alami, maka diambil teori-teori umum tentang pencahayaan alami seperti kriteria, faktor dan cara pengukurannya. Teori pencahayaan alami diambil dari SNI yang dijadikan dasar dari penelitian tentang pemenuhan standar pencahayaan alami pada ruang.

b. Teori ruang kelas

Berhubung penelitian ini difokuskan hanya pada fungsi ruang kelas, maka perlu diketahui pula teori tentang ruang kelas. Yang diambil yakni hal-hal yang berhubungan dengan intensitas pencahayaan berdasarkan standar umum yang dipakai (SNI).

c. Teori selubung bangunan

Diketahui bahwa pencahayaan alami pada bangunan diperoleh dengan memanfaatkan bukaan pada selubung bangunan, yakni menggunakan jendela dengan material kaca sebagai bidang tembus cahayanya. Oleh karena itu digunakan teori selubung bangunan dalam hal ini mengacu pada IFC Vol-1 tentang selubung bangunan, dimana terdapat beberapa elemen pada selubung bangunan yang dapat mempengaruhi kinerja pencahayaan alami pada bangunan

3.4.2 Survey Lapangan

a. Wawancara pengguna

Wawancara dilakukan untuk memperoleh data tentang waktu penggunaan ruang kelas yang berguna untuk menentukan korelasinya dengan aspek pencahayaan alami. Capaian hasil yang diharapkan adalah waktu efektif pemanfaatan pencahayaan alami yang mungkin dilakukan dalam rentang waktu penggunaan ruang kelas. Sebelumnya telah diketahui bahwa waktu efektif pencahayaan alami adalah dari pukul 08.00 WIB sampai dengan 16.00 WIB.

b. Observasi bangunan

Observasi bangunan dimaksudkan untuk menghasilkan data eksisting mengenai dimensi ruang dan bukaan, serta jenis material yang digunakan pada keseluruhan elemen bangunan yang berpengaruh pada intensitas pencahayaan dalam ruang. Khusus untuk data mengenai dimensi ruang dan bukaan, akan disesuaikan dengan data sekunder yang berupa gambar DED bangunan yang didapatkan sebelumnya.

3.4.3 Pengukuran Kondisi Eksisting

a. Metode pengukuran

Pengukuran dilakukan dengan menggunakan metode langsung dan metode simulasi *software*. Untuk pengukuran langsung dilakukan selama satu hari penuh dengan mengambil 3 sampel waktu pengukuran yaitu pagi pukul 09.00, siang pukul 12.00 dan sore hari pukul 15.00. Kemudian dibuat permodelan untuk simulasi dan diatur dengan waktu pengukuran yang sama untuk menghasilkan komparasi hasil pengukuran yang sesuai.

b. Validasi hasil metode pengukuran eksisting

Dari kedua metode pengukuran tersebut, dilakukan validasi nilai untuk mengetahui seberapa *relative error* yang didapatkan. Jika permodelan simulasi tidak memenuhi batas maksimum *relative error* yang ditetapkan, maka permodelan dikoreksi kembali kesesuaiannya dengan kondisi nyata di lapangan, hingga memenuhi nilai dibawah standar yang ditentukan. Tujuan dilakukannya validasi ini adalah untuk mengetahui kesesuaian model simulasi yang nantinya akan dijadikan acuan dalam melakukan pengukuran selama 1 tahun penuh.

3.4.4 Simulasi Kondisi Eksisting 1 Tahun Penuh

Setelah diketahui validasi dari permodelan simulasi *software* yang dipakai, tentunya metode simulasi ini dapat dikatakan valid/sah mewakili dari kondisi eksisting bangunan yang diteliti. Berikutnya akan disimulasikan kondisi eksisting ruang dalam kurun waktu 1 tahun penuh dimana akan dilakukan pengujuran pada bulan Juni, September dan Desember dengan mengambil 3 waktu yang berbeda, yakni pagi pukul 09.00, siang pukul 12.00 dan sore pukul 15.00.

3.4.5 Kondisi Eksisting Berdasarkan Standar

Berdasarkan hasil analisis ruang yang diteliti, tentunya akan diketahui faktor-faktor yang mempengaruhi distribusi pencahayaan alami pada ruang. Dengan begitu akan dianalisis kondisi eksisting tersebut dengan standar yang dipakai untuk menemukan beberapa aspek yang sudah sesuai dan yang belum sesuai. Untuk aspek yang belum sesuai dengan standar, nantinya akan diujikan beberapa alternatif yang sesuai standar dan diambil satu alternatif yang dianggap paling sesuai.

3.4.6 Alternatif Desain

Berdasarkan hasil dari tahap sebelumnya didapatkan beberapa aspek yang belum sesuai dengan standar. Pada tahap ini akan diujikan beberapa alternatif desain yang sesuai dengan standar dan akan dianalisis kelebihan dan kekurangan dari masing-masing alternatif lalu diambil satu alternatif yang paling ideal dan dijadikan rekomendasi desain.

3.4.5 Rekomendasi Desain

- a. Perbandingan kondisi ruang eksisting dengan hasil rekomendasi desain

Tahap terakhir adalah penggabungan alternatif desain terpilih untuk masing-masing aspek yang diuji. Hasil dari rekomendasi desain ini tentunya akan mendekati standar yang diharapkan. Untuk mengetahui seberapa perubahan yang terjadi pada ruang terkait intensitas pencahayaan alami akan dibandingkan antara kondisi eksisting dengan hasil rekomendasi desain.

- b. Perubahan tampilan *façade* (*eksterior*) dan ruang (*interior*)

Hasil rekomendasi desain tentunya akan merubah tampilan bangunan secara fisik dan dapat dilihat secara visual. Apakah hasil rekomendasi desain akan berdampak negatif atau positif terhadap estetika bangunan. Oleh karena itu ditampilkan visualisasi tampilan *façade* eksterior dan kondisi ruang dalam sebelum dan sesudah aplikasi rekomendasi desain untuk mengetahui perbandingannya.

3.5 Alat Penelitian

a. *Luxmeter*



Gambar 3. 2 Alat ukur *luxmeter*

Luxmeter merupakan alat ukur yang digunakan untuk mengukur tingkat pencahayaan pada suatu area atau daerah tertentu. Alat ini didalam memperlihatkan hasil pengukurannya menggunakan format digital. Alat ini terdiri dari rangka, sebuah sensor dengan sel foto dan layar panel. Sensor tersebut diletakan pada sumber cahaya yang akan diukur intensitasnya.

Cahaya akan menyinari sel foto sebagai energi yang diteruskan oleh sel foto menjadi arus listrik. Makin banyak cahaya yang diserap oleh sel, arus yang dihasilkan pun semakin besar.

Adapun bagian-bagian dari alat *luxmeter* adalah sebagai berikut:

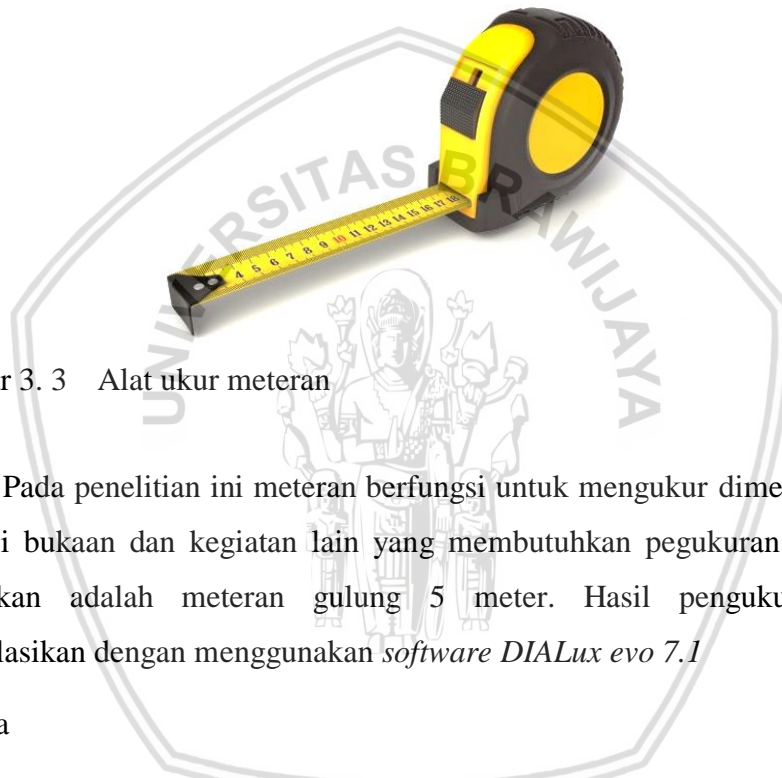
- Layar panel : Menampilkan hasil pengukuran
- Tombol *off/on* : Sebagai tombol untuk menyalakan atau mematikan alat
- Tombol *range* : Tombol kisaran ukuran
- *Zero Adjust VR* : Sebagai pengkalibrasi alat (bila terjadi error)
- Sensor cahaya : Alat untuk mengkoreksi/mengukur cahaya.

Dalam mengoperasikan atau menjalankan lux meter yang harus diperhatikan adalah alat sensornya, karena sensornyalah yang akan mengukur kekuatan penerangan suatu cahaya. Oleh karena itu sensor harus ditempatkan pada daerah yang akan diukur tingkat kekuatan cahayanya (iluminasi) secara tepat agar hasil yang ditampilkan pun akurat.

Adapun prosedur penggunaan alat ini adalah sebagai berikut :

- Geser tombol "off/on" ke arah *on*.
- Pilih kisaran range yang akan diukur (2.000 lux, 20.000 lux atau 50.000 lux) pada tombol *range*.
- Arahkan sensor cahaya pada permukaan daerah yang akan diukur.
- Lihat hasil pengukuran pada layar panel.

b. Meteran



Gambar 3. 3 Alat ukur meteran

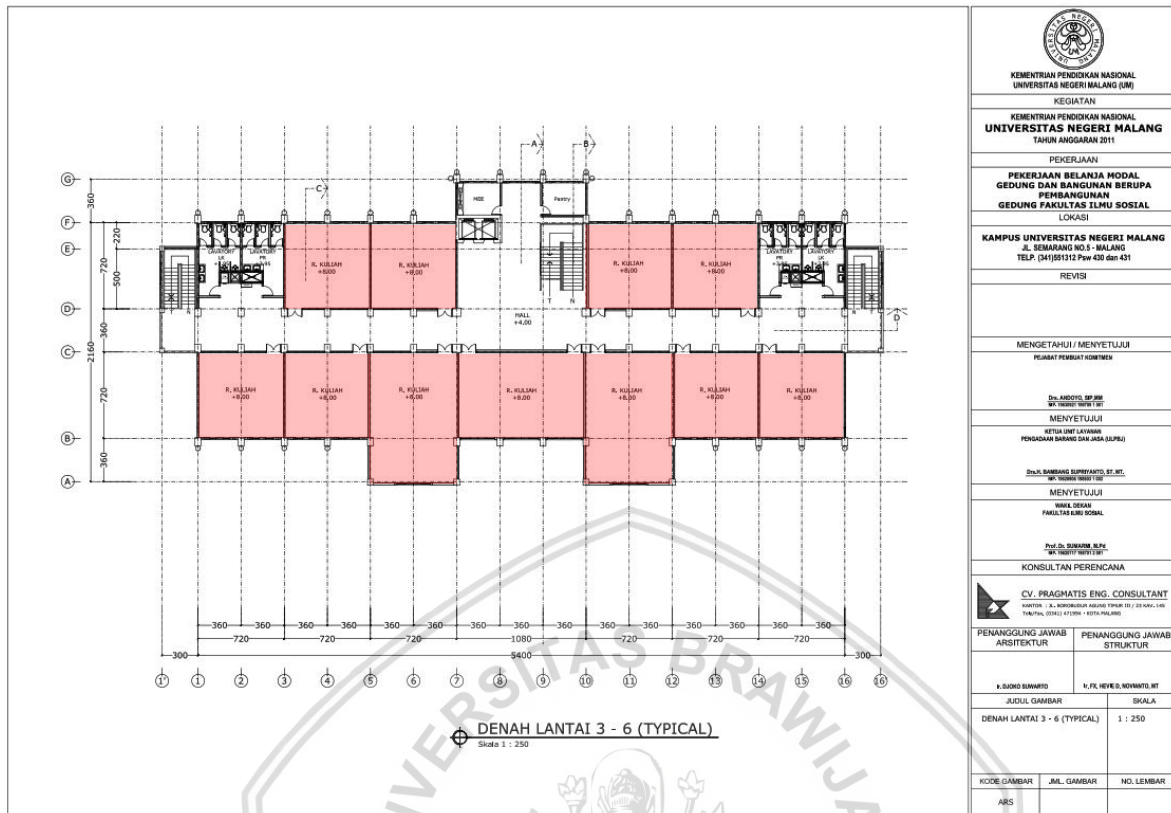
Pada penelitian ini meteran berfungsi untuk mengukur dimensi ruang kelas, dimensi bukaan dan kegiatan lain yang membutuhkan pengukuran. Meteran yang digunakan adalah meteran gulung 5 meter. Hasil pengukuran kemudian disimulasikan dengan menggunakan *software DIALux evo 7.1*

c. Kamera

Kamera digunakan untuk mengambil gambar/potret kondisi eksisting ruang dalam sehingga dapat diketahui kondisi pencahayaan alami ruang dalam secara langsung dalam bentuk gambar/foto.

3.6 Sampel Penelitian

Dikarenakan penelitian ini pada ranah pencahayaan alami ruang kelas, maka populasi yang diambil yakni lantai 3 sampai lantai 6 yang berfungsi sebagai ruang kelas yang bersifat *typical*, yakni mempunyai denah dan dimensi yang sama antar lantai. Untuk mengambil sampel penelitian, diambil lantai 4 pada bangunan, karena berada pada ketinggian ideal yang diharapkan dapat mewakili populasi penelitian. Untuk gambar denah dari sampel penelitian ini dapat dilihat pada gambar 3.4 berikut:



Gambar 3. 4 Denah ruang kelas lantai 4 (typical) sebagai sampel penelitian
Sumber : DED (diolah)

3.7 Waktu Penelitian

Pengambilan data eksisting dilakukan pada hari Kamis, 1 Maret 2018 dan diambil pada pagi hari (09.00) siang hari (12.00) dan sore hari (15.00) mengingat ruang kelas digunakan antara pukul 07.30 sampai pukul 15.00. penentuan ketiga waktu tersebut diharapkan agar dapat mewakili waktu penyinaran efektif dalam ruang.

Sedangkan waktu pengukuran yang digunakan pada simulasi *software DIALux evo 7.1* dilakukan pada tanggal 21 Juni, 23 September dan 21 Desember dengan masing masing diambil pada pukul 09.00, 12.00 dan 15.00. Pengambilan data pada waktu tersebut didasarkan pada posisi matahari, dimana pada tanggal 21 Juni matahari berada pada posisi puncak pada garis edar di atas garis khatulistiwa dan pada tanggal 23 September atau 21 Maret garis edar matahari berada tepat di atas garis khatulistiwa, sedangkan pada tanggal 21 Desember garis edar matahari menempati posisi puncaknya saat berada di bagian selatan khatulistiwa.

3.8 Metode Pengumpulan Data

Pengumpulan data pada penelitian ini dikelompokkan menjadi data primer dari hasil survey pengukuran langsung dan data sekunder (studi literatur). Proses pengumpulan data ini digunakan untuk acuan dasar pada tahap pembahasan metode penelitian yang akan dilakukan.

3.8.1 Data Primer

Data diperoleh secara langsung dari survei dan pengukuran lapangan, yang bertujuan untuk memperoleh data eksisting. Data ini dijadikan bahan acuan pembandingan awal dari seluruh rangkaian penelitian.

Data-data yang diambil dalam observasi lapangan adalah kondisi pencahayaan alami. Data berupa intensitas pencahayaan alami pada bangunan yang berupa dampak positif dan dampak negatif dari penggunaan pencahayaan alami. Pengukuran langsung ini bertujuan untuk mengetahui kedua dampak tersebut terhadap bangunan, khususnya ruangan yang dijadikan sampel penelitian. Hasil yang diharapkan yakni intensitas cahaya alami pada ruang dan distribusi cahaya pada eksisting, kemudian membandingkannya dengan standar SNI untuk pencahayaan ruang kelas.

Proses pengukuran intensitas pencahayaan ruang dilakukan dengan menentukan titik pengukuran dalam ruang. Berdasarkan SNI, jika luas ruangan berkisar antara 10 m² sampai 100 m², maka titik potong garis horizontal panjang dan lebar ruangan adalah pada jarak setiap 3 meter. Berhubung luas ruang berkisar antara 10 m² sampai 100 m², maka ditentukan titik pengukuran sesuai acuan tersebut.

Sedangkan untuk ketinggian pengukuran, sesuai SNI yakni setinggi 0,75 meter. dengan pertimbangan bahwa bidang kerja *horizontal* tersebut setinggi meja kerja.

Selanjutnya meletakkan alat *luxmeter* pada tiap titik-titik pengukuran dengan ketinggian 0,75 tersebut secara bergantian dan hasilnya dicatat. Pengukuran ini dilakukan pada 3 waktu yakni pagi pukul 09.00, siang pukul 12.00 dan sore hari pukul 15.00 untuk mewakili kondisi pencahayaan satu hari penuh

3.8.2 Data Sekunder

Data sekunder merupakan data yang diperoleh secara tidak langsung dan sifatnya hanya melengkapi, memperkuat dan mendukung dari data primer. Data sekunder dalam penelitian ini sebagai diperoleh dari studi pustaka yakni data yang diperoleh dari studi literatur atau referensi yang berupa text book seperti junal ilmiah, prosiding, ensiklopedia, buku, pedoman/peraturan dan karya-karya lain yang tidak diterbitkan.

Selain itu juga diperoleh dengan studi komparasi dari jurnal/penelitian sebelumnya yang dilakukan untuk mengetahui penelitian sejenis atau penelitian yang berkaitan dengan penelitian ini. Pengumpulan data-data komparasi dilakukan melalui media internet, buku, majalah, riset/penelitian dan sumber lain yang mendukung data yang dibutuhkan.

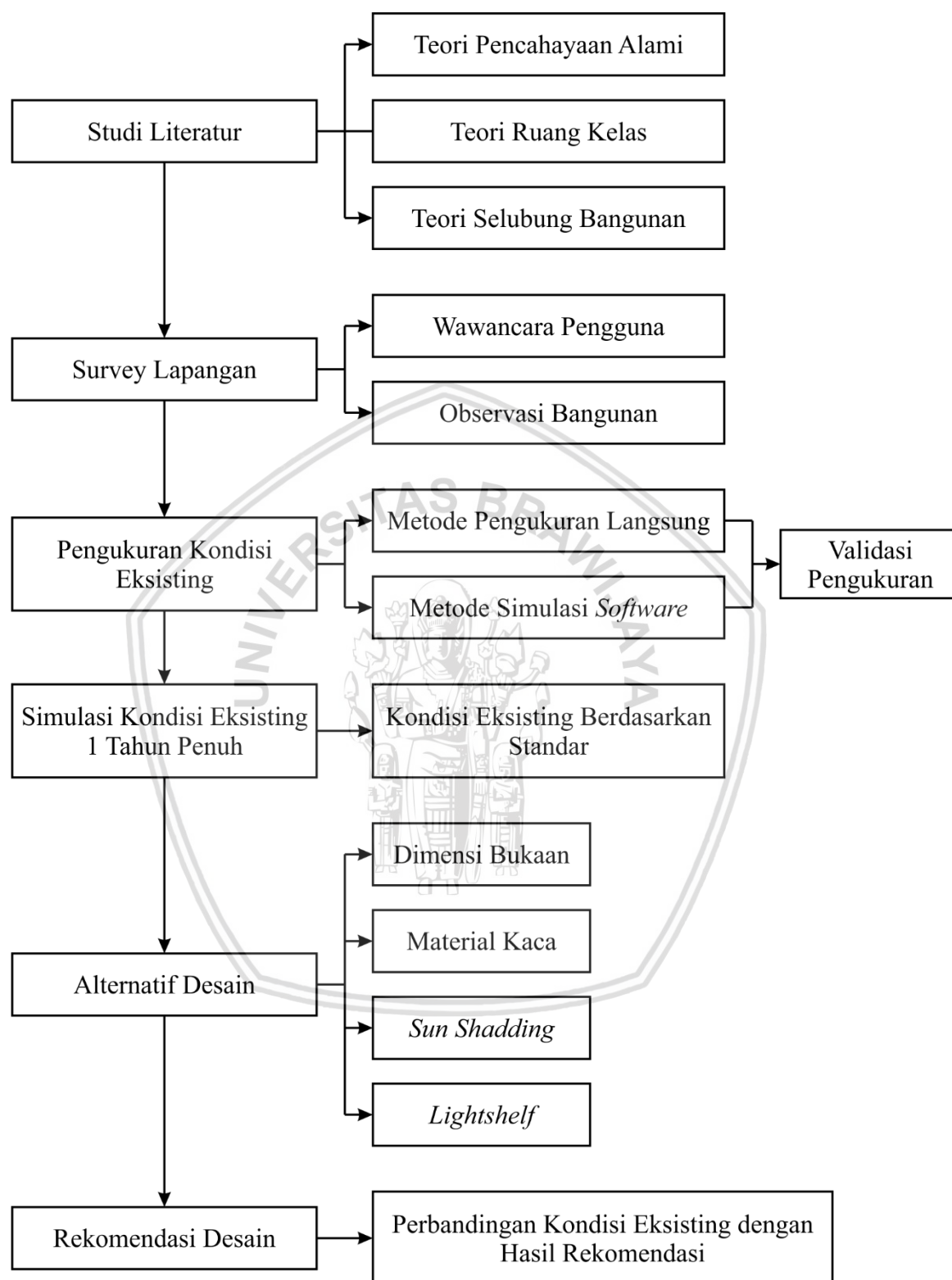
3.9 Metode Analisis Data

Data hasil penelitian dianalisis tentang konsisi eksisting pencahayaan alaminya. Metode analisis data disajikan secara deskriptif kuantitatif yakni menunjukkan hasil angka-angka yang menunjukkan hasil intensitas pencahayaan alami. Kemudian diujikan beberapa kondisi baru dengan simulasi *software DIALux evo 7.1* untuk menghasilkan beberapa alternatif desain. Kemudian dianalisis untuk menentukan rekomendasi desain yang dinilai paling ideal dengan standar intensitas pencahayaan untuk fungsi ruang kelas yang ditetapkan SNI.

3.10 Sintesis

Penelitian ini menghasilkan rekomendasi desain pecahayaam alami yang ideal dan sesuai dengan SNI terkait intensitas pencahaaan dan pemerataan pencahayaan dalam ruang melalui alternatif desain dari elemen dimensi bukaan, jenis kaca, dimensi dan posisi *sun shadding* serta reflektor cahaya/*lightshelf*.

3.11 Kerangka Penelitian



BAB IV

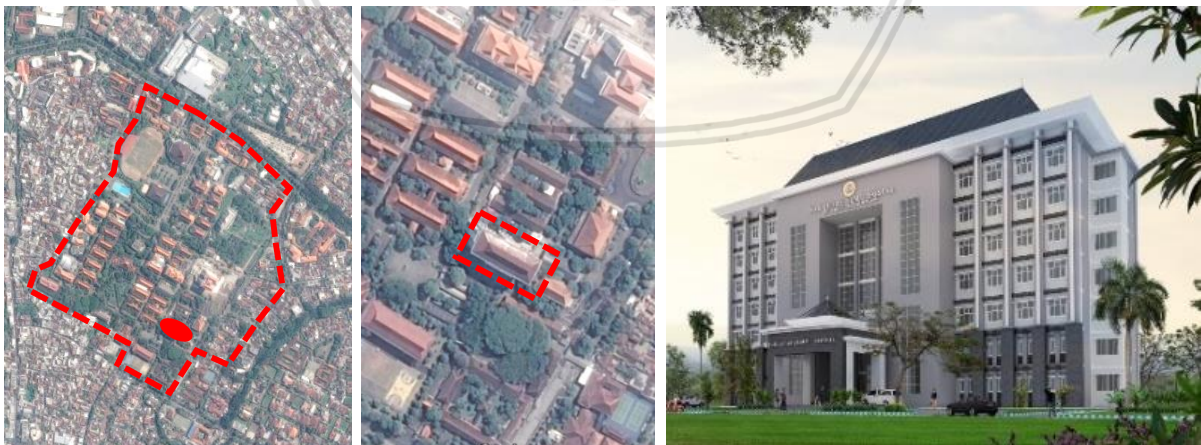
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Tinjauan Objek Penelitian

Objek penelitian yang diambil adalah gedung Fakultas Ilmu Sosial Universitas Negeri Malang yang berlokasi di Jalan Semarang, Nomor 5, Kel. Sumbersari, Kec. Lowokwaru, Kota Malang. Gedung ini berlantai 7 dengan luas site sekitar 2.500 m², mempunyai luas lantai dasar bangunan 1.100 m² dan memiliki total luas efektif gedung 7.350 m².

Gedung ini berada di wilayah administrasi Kecamatan Lowokwaru yang masuk dalam zona kawasan kep adatan perumahan sedang (R-2) dengan potensi area pendidikan (SPU-1) dan perdagangan/jasa (K-2) (Sumber : RDTRK Kota Malang 2012-2032). Gedung memiliki orientasi kemiringan -5° terhadap sumbu utara atau membujur barat laut – tenggara dengan koordinat tapak 7°96 LS - 112°62 BT.

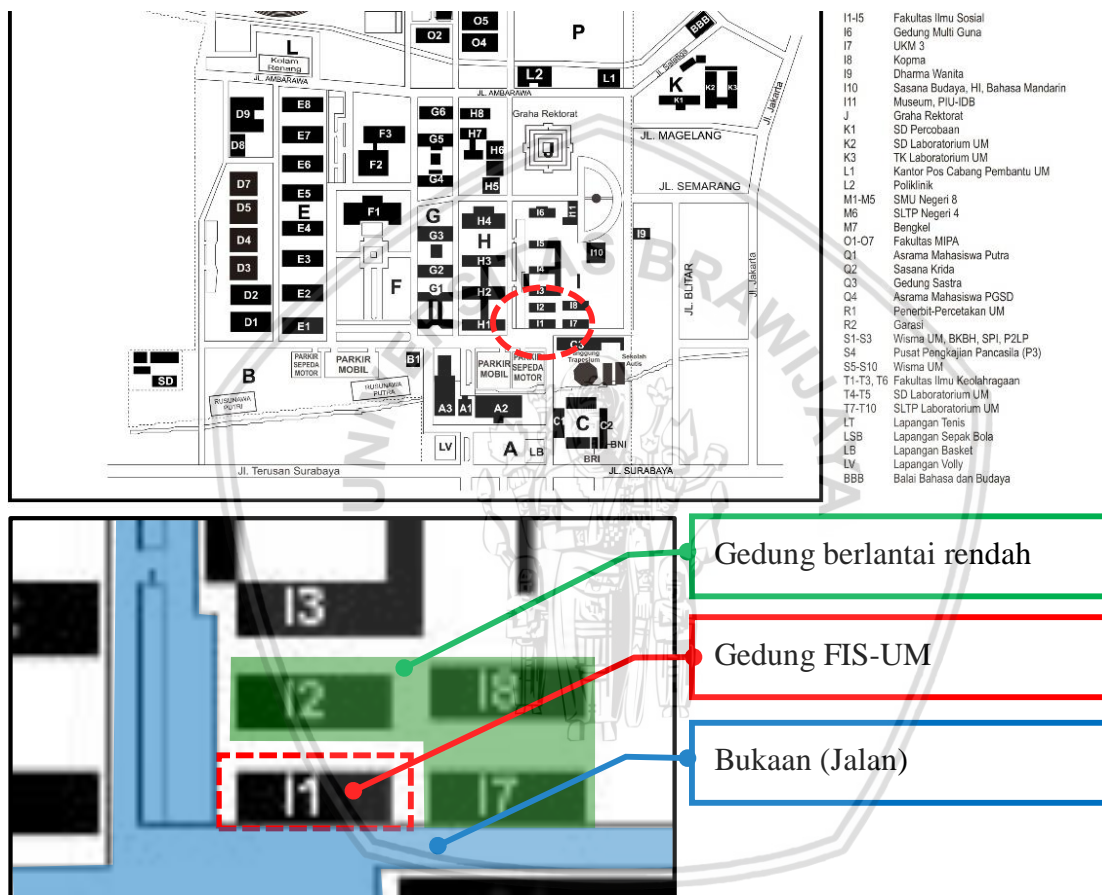
Gambar 4.1 berikut merupakan citra satelit bumi yang menunjukkan lokasi gedung dan visualisasi 3D bangunan Fakultas Ilmu Sosial Universitas Negeri Malang :



Gambar 4. 1 Lokasi objek penelitian

Sumber : maps.google.com (diolah)

Bangunan sekitar tapak tidak memiliki jumlah lantai yang dapat mempengaruhi pembayangan pada bangunan secara signifikan. Sebelah utara dan timur terdapat gedung berlantai 1, sedangkan sebelah barat dan selatan terdapat jalan yang cukup lebar. Pada gambar 4.2 berikut adalah layout kampus Universitas Negeri Malang, dapat diketahui letak bangunan/gedung Fakultas Ilmu Sosial berada di dua sisi jalan dan kondisi bangunan sekitar yang tidak terlalu dekat juga bukan merupakan bangunan tinggi (bangunan 1 lantai dan 2 lantai).



Gambar 4. 2 Kondisi eksisting sekitar bangunan

Sumber : pkmb.um.ac.id/peta-universitas-negeri-malang/ (diolah)

Dari hasil wawancara pengguna didapatkan data mengenai waktu penggunaan ruang kelas, dimana diperoleh kesimpulan bahwa ruang kelas digunakan dari pukul 07.30 WIB sampai dengan 17.00 WIB. Kaitannya dengan waktu penggunaan pencahayaan alami efektif adalah dari pukul 08.00 WIB sampai dengan 16.00 WIB, maka pada waktu penggunaan ruang kelas akan kurang maksimal dalam penggunaan pencahayaan alami pada pukul 07.30 WIB sampai pukul 08.00 WIB, serta pada pukul 16.00 WIB sampai pukul 17.00 WIB.

4.2 Observasi Bangunan

Dari hasil observasi bangunan, didapatkan data eksisting mengenai dimensi ruang dan bukaan, serta jenis materal yang digunakan pada keseluruhan elemen bangunan yang berpengaruh pada intensitas pencahayaan dalam ruang.

Untuk dimensi ruang dan bukaan, akan disesuaikan dengan data sekunder yang berupa gambar DED bangunan yang didapatkan dari sumber sekunder. Pada sampel objek penelitian (lantai 4), secara umum dapat diklasifikasikan menjadi 3 tipe. Untuk detail dari masing-masing tipe ruang dan bukaan dapat dilihat pada tabel 4.1 berikut:


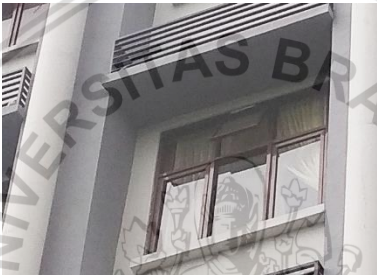

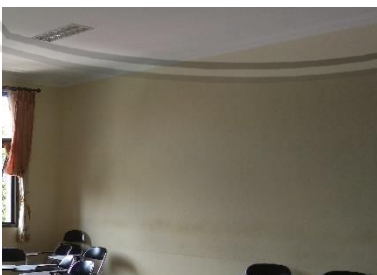

Tabel 4. 1 Klasifikasi tipe ruang dan bukaan

Klasifikasi	Tipe 1	Tipe 2	Tipe 3
Denah ruang			
Detail bukaan			
Visualisasi 3D			
Posisi bukaan pada tampak bangunan			

Sumber : Survey langsung dan DED (diolah)

Sedangkan untuk jenis material yang digunakan pada elemen bangunan yang berpengaruh pada intensitas pencahayaan dalam ruang dapat dilihat pada tabel 4.2 berikut:

Tabel 4. 2 Jenis material pada elemen bangunan

Elemen Bangunan	Jenis Material	Gambar/Foto	Keterangan
Kaca	Kaca Bening/Clear Float Glass		<p>Nilai transmisi cahaya/visible light transmittance (VLT) = 91%</p> <p>Nilai pemantulan cahaya/visible light reflectance (VLR) = 8%</p>
Sun shadding	Cor beton finishing cat warna abu-abu		Nilai faktor refleksi = 20%
Lantai	Keramik homogeneous tile warna cream		Nilai faktor refleksi = 20%
Dinding	Dinding batu bata merah diplaster finishing cat warna cream		Nilai faktor refleksi = 50%
Langit-Langit	GRC board warna putih		Nilai faktor refleksi = 70%

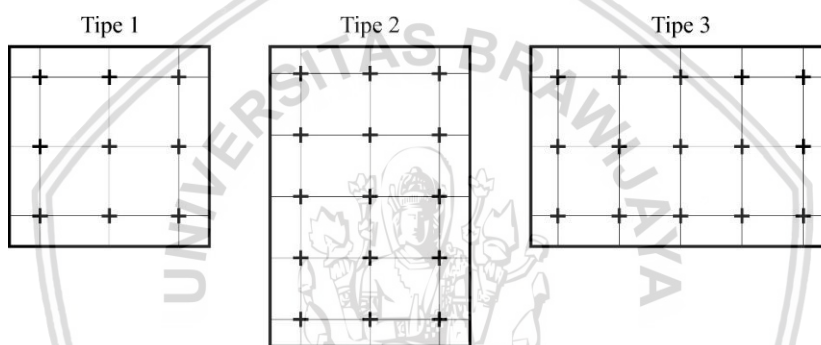
Sumber : Survey langsung

4.3 Pengukuran Kondisi Eksisting

4.3.1 Metode Pengukuran Langsung

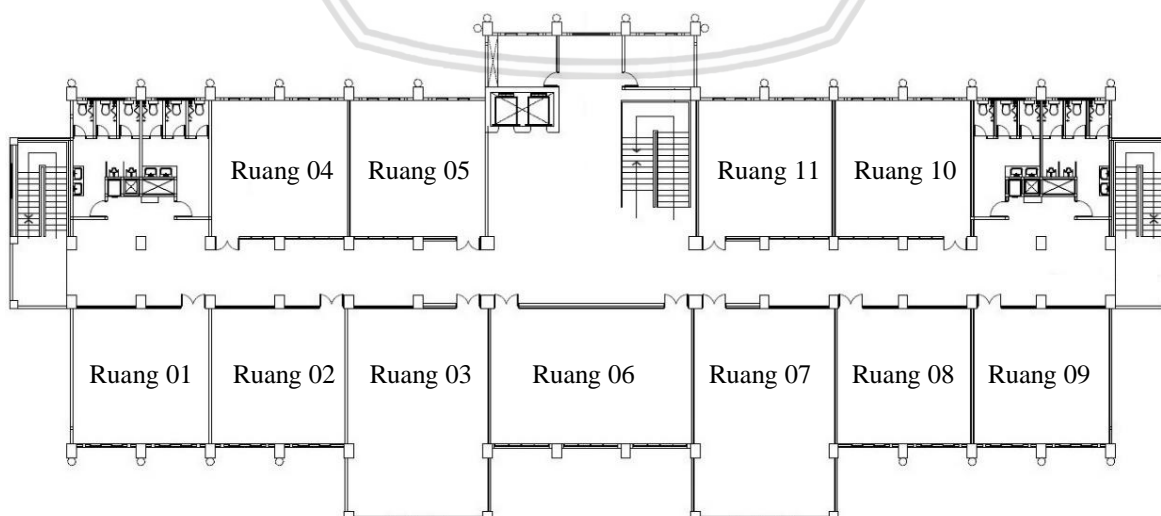
Pengukuran langsung dilakukan pada hari Kamis, 1 Maret 2018 dengan waktu pengambilan data dilakukan pada pagi hari pukul 09.00 WIB, siang hari pada pukul 12.00 WIB dan sore hari pukul 15.00 WIB, dimana kondisi langit dalam keadaan sedikit berawan.

Ruang kelas yang diukur mempunyai 2 tipe luasan yakni $51,84 \text{ m}^2$ dan $77,76 \text{ m}^2$. Merujuk pada SNI 16-7062-2004 tentang Pengukuran Intensitas Penerangan di Tempat Kerja menyebutkan jika luas ruangan berkisar antara 10 m^2 sampai 100 m^2 , maka dibuat titik potong garis horizontal panjang dan lebar ruangan pada jarak setiap 3 meter. Gambar 4.3 berikut menunjukkan titik pengukuran dari 3 tipe ruang yang diteliti:



Gambar 4. 3 Titik pengukuran pencahayaan dalam ruang

Untuk jumlah keseluruhan ruangan yang diukur, terdiri dari 11 ruang kelas dapat dilihat pada gambar 4.4 berikut:

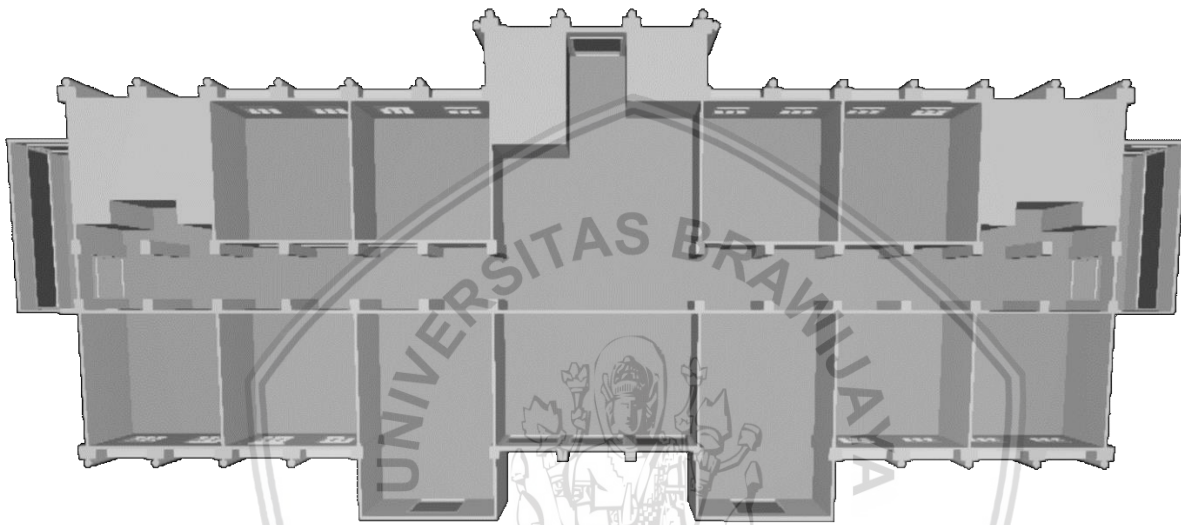


Gambar 4. 4 Denah ruang kelas yang diukur

Sumber : DED (diolah)

4.3.2 Metode Simulasi Software

Pengukuran dengan metode simulasi pencahayaan alami dengan menggunakan *software DIALux evo 7.1* dibuat semirip mungkin dengan kondisi eksisting untuk memperoleh data hasil simulasi yang mendekati kenyataan sebenarnya di lapangan sehingga menghasilkan data yang valid. Gamabr 4.5 berikut merupakan hasil dari denah ruang yang akan disimulasikan dalam *software DIALux evo 7.1*:

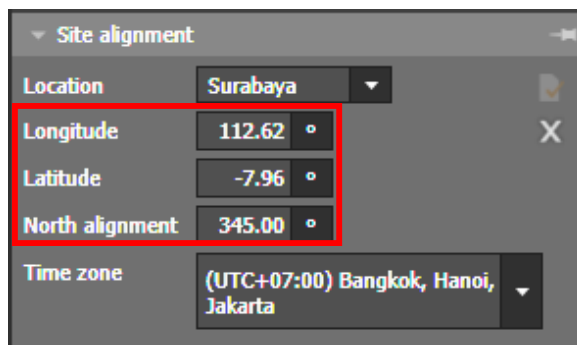


Gambar 4. 5 Denah ruang kelas dalam simulasi *software DIALux evo 7.1*

Sumber : DED (diolah)

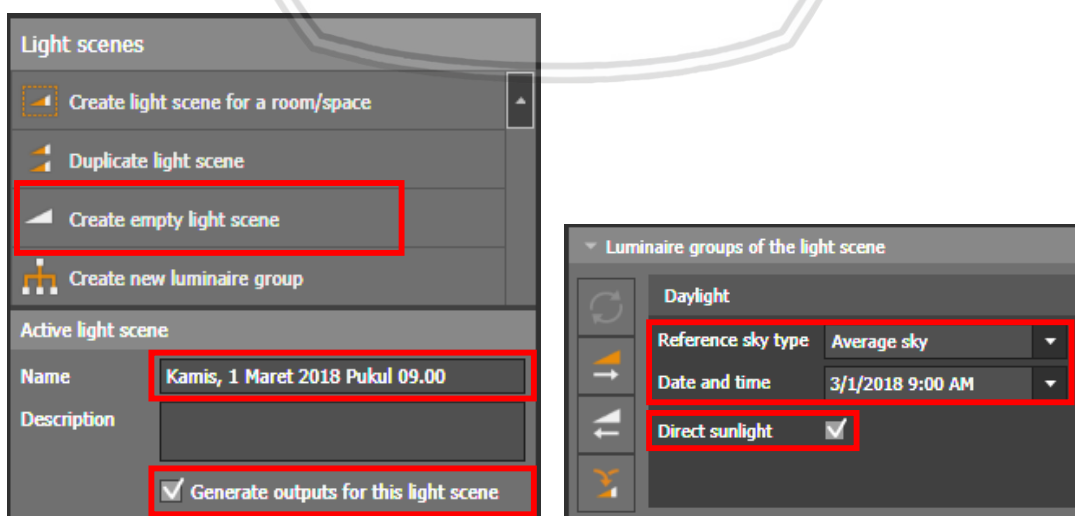
Simulasi dilakukan pada waktu yang sama untuk mengetahui komparasi hasil dengan pengukuran langsung, yakni dilakukan pada hari Kamis, 1 Maret 2018 dimana keadaan pada waktu tersebut pada pagi hari pukul 09.00 WIB, siang hari pada pukul 12.00 WIB dan sore hari pukul 15.00 WIB.

Ketentuan lain yang berkaitan dengan *setting* pada *software DIALux evo 7.1* yang perlu diperhatikan adalah koordinat lokasi dan kemiringan bangunan. Pada *software* dapat dilakukan dengan memilih *menu “construction”* kemudian pilih *sub-menu “site”* kemudian akan muncul *dialog box “site alignment”*. Rincian yang perlu diperhatikan adalah koordinat lokasi, dalam hal ini lokasi site berada pada *longitude* 112,62° dan *latitude* -7,96° (ini berarti 7,96° lintang selatan). Untuk kemiringan bangunan dapat dimasukkan pada *“north alignment”* yakni -15° atau dalam bilangan positif 345°. Lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 4.6 berikut:



Gambar 4. 6 *Setting* koordinat lokasi dan kemiringan bangunan
Sumber : *DIALux evo 7.1*

Selanjutnya untuk *setting* waktu dan kondisi pencahayaan alami, dapat dilakukan dengan memilih menu “*light*” kemudian sub-menu “*light scenes*”. Untuk membuat satu kondisi baru tentang waktu dan kondisi pencahayaan alami ini, pada *dialog box* “*light scenes*” pilih “*create empty light scene*”, kemudian *edit*/rubah nama dari *light scene* tersebut untuk memudahkan dalam membedakan kondisi. Selanjutnya melakukan *setting* untuk kondisi pencahayaan alami, pada *dialog box* “*luminaire groups of the light scene*” pilih *average sky* untuk mewakili kondisi langit yang sedikit berawan (disamakan dengan kondisi eksisting pengukuran langsung) dan untuk *date and time* masukkan tanggal dan waktu pengambilan data. Kemudian berikan centang pada “*generate outputs for the light scene*” agar *light scene* yang dibuat dapat dicetak/didokumentasikan. Terakhir beri centang pada “*direct sunlight*” agar dapat mendeteksi penyinaran langsung matahari sesuai kondisi eksisting. Lebih jelasnya seperti terlihat pada gambar 4.7 berikut:


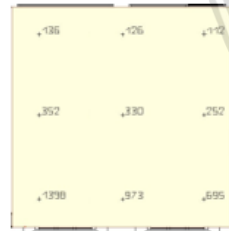

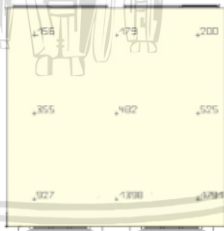





Gambar 4. 7 *Setting* koordinat lokasi dan kemiringan bangunan
Sumber : *DIALux evo 7.1*

4.3.3 Analisis Hasil Pengukuran Eksisting

Berikut akan dijelaskan analisis dari hasil pengukuran eksisting yakni dengan metode pengukuran langsung dan metode simulasi *software*:

Tabel 4. 3 Analisis hasil pengukuran eksisting

Ruang Kelas 01								
Kondisi Ruang	Pengukuran Langsung			Simulasi Software				
Mempunyai luas sebesar 51,84 m ² . Pada ruang terdapat bukaan yang masing-masing terdapat 2 jendela <i>awning</i> dan 1 jendela mati, serta <i>bouvenlight</i> di atas tiap-tiap jendela.	Pukul 09.00	Pukul 12.00	Pukul 15.00	Pukul 09.00	Pukul 12.00	Pukul 15.00		
	E _{min} (lx)	112	65	156	E _{min} (lx)	56,7	33,3	77
	E _{max} (lx)	1398	1315	1791	E _{max} (lx)	1429	1465	1907
	Intensitas cahaya tertinggi pada pukul 15.00 yaitu sebesar 1791 lux, sedangkan intensitas cahaya paling rendah pada pukul 12.00 yaitu sebesar 65 lux.			Intensitas cahaya tertinggi pada pukul 15.00 yaitu sebesar 1907 lux, sedangkan intensitas cahaya paling rendah pada pukul 12.00 yaitu sebesar 33,3 lux.				
	Pukul 09.00	Pukul 12.00	Pukul 15.00	Pukul 09.00	Pukul 12.00	Pukul 15.00		
								

Hasil pengukuran intensitas cahaya pada ketiga waktu tersebut menunjukkan bahwa ruang kelas 01 **belum memenuhi standar** tingkat pencahayaan ruang kelas dikarenakan intensitas cahaya pada ruang melebihi standar yang ditetapkan SNI. Intensitas cahaya yang sangat tinggi khususnya di area dekat bukaan. Sedangkan pada siang hari intensitas cahaya pada area yang jauh dari bukaan sangat sedikit.

Ruang Kelas 02

Kondisi Ruang

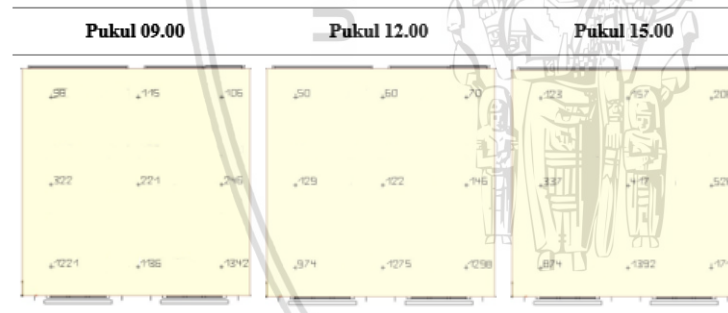
Mempunyai luas sebesar 51,84 m². Pada ruang terdapat bukaan yang masing-masing terdapat 2 jendela *awning* dan 1 jendela mati, serta *bouvenlight* di atas tiap-tiap jendela.



Pengukuran Langsung

	Pukul 09.00	Pukul 12.00	Pukul 15.00
E_{min} (lx)	98	50	123
E_{max} (lx)	1342	1298	1717

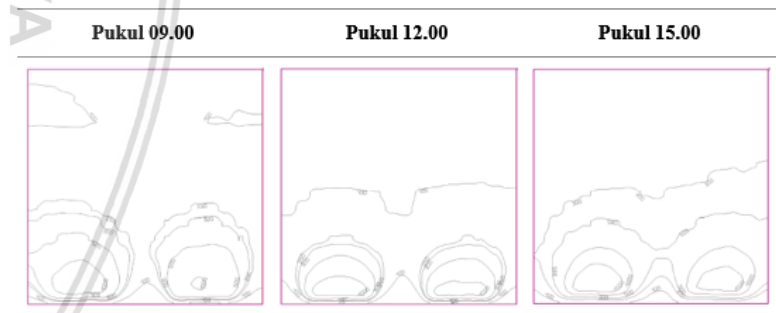
Intensitas cahaya tertinggi pada pukul 15.00 yaitu sebesar 1717 lux, sedangkan intensitas cahaya paling rendah pada pukul 12.00 yaitu sebesar 50 lux.



Simulasi Software

	Pukul 09.00	Pukul 12.00	Pukul 15.00
E_{min} (lx)	46,2	29,4	69,7
E_{max} (lx)	1445	1456	1911

Intensitas cahaya tertinggi pada pukul 15.00 yaitu sebesar 1911 lux, sedangkan intensitas cahaya paling rendah pada pukul 12.00 yaitu sebesar 29,4 lux.



Hasil pengukuran intensitas cahaya pada ketiga waktu tersebut menunjukkan bahwa ruang kelas 02 ***belum memenuhi standar*** tingkat pencahayaan ruang kelas dikarenakan intensitas cahaya pada ruang melebihi standar yang ditetapkan SNI. Intensitas cahaya yang sangat tinggi khususnya di area dekat bukaan. Sedangkan pada siang hari intensitas cahaya pada area yang jauh dari bukaan sangat sedikit, sehingga pada area dalam ruangan menjadi gelap.

Ruang Kelas 03

Kondisi Ruang

Mempunyai luas sebesar 77,76 m². Pada ruang terdapat 1 bukaan yang merupakan jendela mati.

Pengukuran Langsung

	Pukul 09.00	Pukul 12.00	Pukul 15.00
E_{min} (lx)	80	47	103
E_{max} (lx)	9859	13050	24083

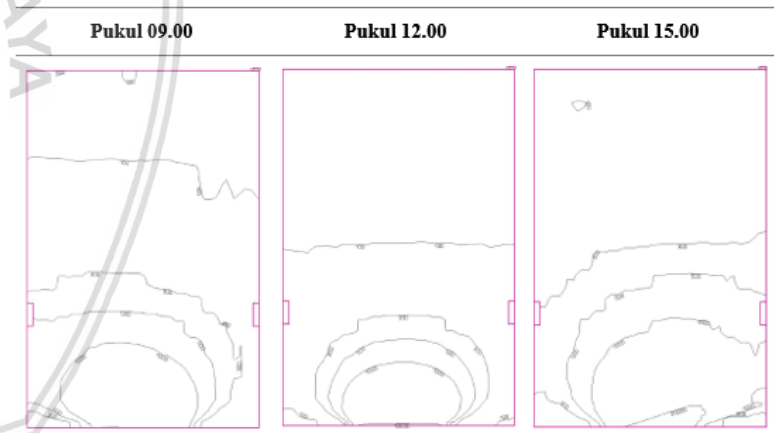
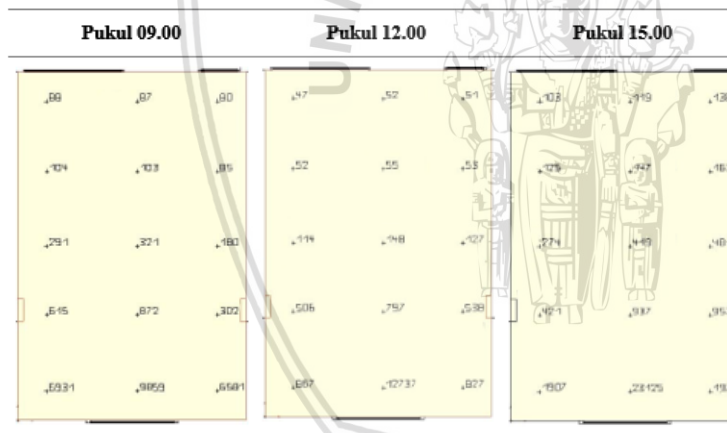
Simulasi Software

	Pukul 09.00	Pukul 12.00	Pukul 15.00
E_{min} (lx)	71,8	45	99
E_{max} (lx)	10889	14271	29545



Intensitas cahaya tertinggi pada pukul 15.00 yaitu sebesar 24083 lux, sedangkan intensitas cahaya paling rendah pada pukul 12.00 yaitu sebesar 47 lux.

Intensitas cahaya tertinggi pada pukul 15.00 yaitu sebesar 29545 lux, sedangkan intensitas cahaya paling rendah pada pukul 12.00 yaitu sebesar 45 lux.



Hasil pengukuran intensitas cahaya pada ketiga waktu tersebut menunjukkan bahwa ruang kelas 03 belum memenuhi standar tingkat pencahayaan ruang kelas dikarenakan intensitas cahaya pada ruang melebihi standar yang ditetapkan SNI. Intensitas cahaya yang sangat tinggi khususnya di area dekat bukaan. Sedangkan pada siang hari intensitas cahaya pada area yang jauh dari bukaan sangat sedikit, sehingga pada area dalam ruangan menjadi gelap.

Ruang Kelas 04

Kondisi Ruang

Mempunyai luas sebesar 51,84 m². Pada ruang terdapat bukaan yang masing-masing terdapat 2 jendela *awning* dan 1 jendela mati, serta *bouvenlight* di atas tiap-tiap jendela.

Pengukuran Langsung

	Pukul 09.00	Pukul 12.00	Pukul 15.00
E_{min} (lx)	132	63	103
E_{max} (lx)	1815	1184	1161

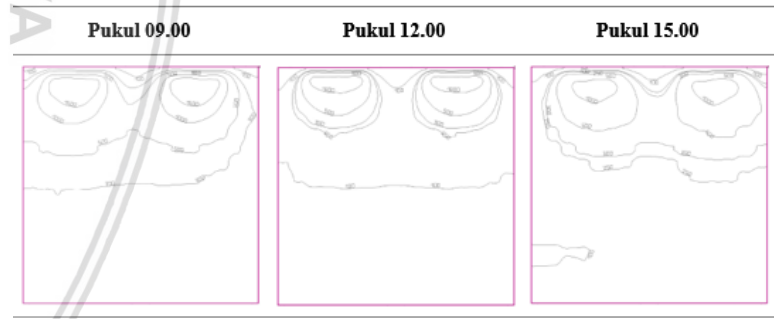
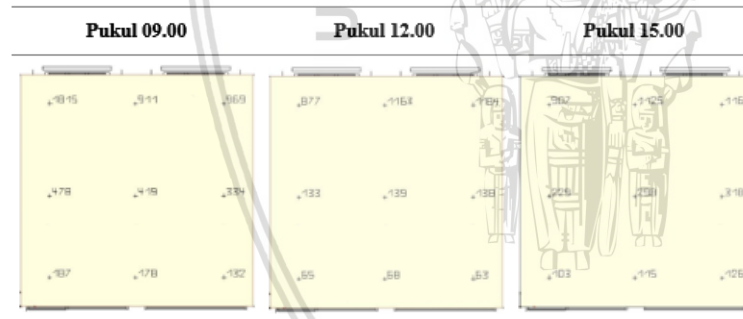
Simulasi Software

	Pukul 09.00	Pukul 12.00	Pukul 15.00
E_{min} (lx)	72,6	32,6	50,2
E_{max} (lx)	1929	1372	1239



Intensitas cahaya tertinggi pada pukul 09.00 yaitu sebesar 1815 lux, sedangkan intensitas cahaya paling rendah pada pukul 12.00 yaitu sebesar 63 lux.

Intensitas cahaya tertinggi pada pukul 09.00 yaitu sebesar 1929 lux, sedangkan intensitas cahaya paling rendah pada pukul 12.00 yaitu sebesar 32,6 lux.



Hasil pengukuran intensitas cahaya pada ketiga waktu tersebut menunjukkan bahwa ruang kelas 04 **belum memenuhi standar** tingkat pencahayaan ruang kelas dikarenakan intensitas cahaya pada ruang melebihi standar yang ditetapkan SNI. Intensitas cahaya yang sangat tinggi khususnya di area dekat bukaan. Sedangkan pada siang hari intensitas cahaya pada area yang jauh dari bukaan sangat sedikit, sehingga pada area dalam ruangan menjadi gelap.

Ruang Kelas 05

Kondisi Ruang

Mempunyai luas sebesar 51,84 m². Pada ruang terdapat bukaan yang masing-masing terdapat 2 jendela *awning* dan 1 jendela mati, serta *bouvenlight* di atas tiap-tiap jendela.



Pengukuran Langsung

	Pukul 09.00	Pukul 12.00	Pukul 15.00
E_{min} (lx)	123	44	75
E_{max} (lx)	1751	1205	1092

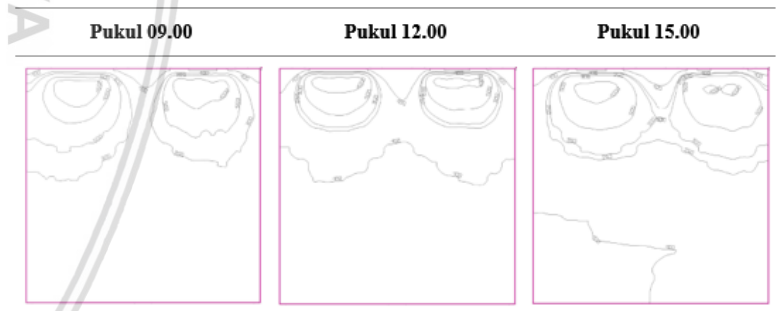
Intensitas cahaya tertinggi pada pukul 09.00 yaitu sebesar 1751 lux, sedangkan intensitas cahaya paling rendah pada pukul 12.00 yaitu sebesar 44 lux.



Simulasi Software

	Pukul 09.00	Pukul 12.00	Pukul 15.00
E_{min} (lx)	56,9	29,4	47,3
E_{max} (lx)	1895	1361	1190

Intensitas cahaya tertinggi pada pukul 09.00 yaitu sebesar 1895 lux, sedangkan intensitas cahaya paling rendah pada pukul 12.00 yaitu sebesar 29,4 lux.



Hasil pengukuran intensitas cahaya pada ketiga waktu tersebut menunjukkan bahwa ruang kelas 05 **belum memenuhi standar** tingkat pencahayaan ruang kelas dikarenakan intensitas cahaya pada ruang melebihi standar yang ditetapkan SNI. Intensitas cahaya yang sangat tinggi khususnya di area dekat bukaan. Sedangkan pada siang hari intensitas cahaya pada area yang jauh dari bukaan sangat sedikit, sehingga pada area dalam ruangan menjadi gelap.

Ruang Kelas 06

Kondisi Ruang

Mempunyai luas sebesar 77,76 m². Pada ruang terdapat 3 bukaan yang merupakan jendela mati.

Pengukuran Langsung

	Pukul 09.00	Pukul 12.00	Pukul 15.00
E_{min} (lx)	310	198	447
E_{max} (lx)	8386	11031	27471

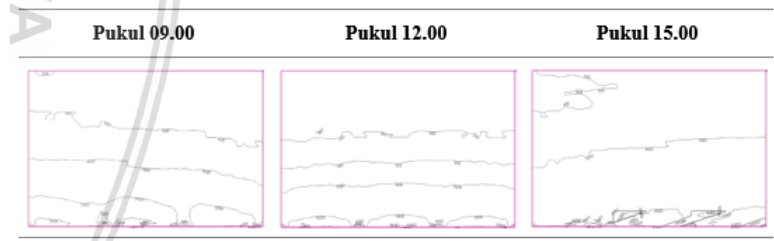
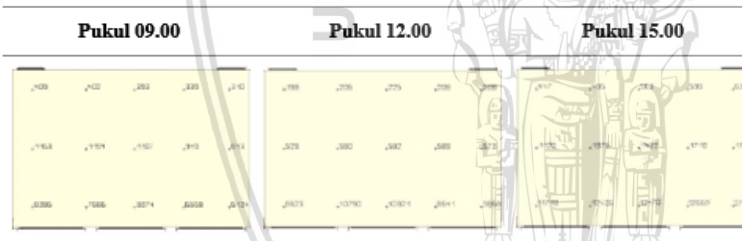
Simulasi Software

	Pukul 09.00	Pukul 12.00	Pukul 15.00
E_{min} (lx)	264	191	357
E_{max} (lx)	8556	11261	28087



Intensitas cahaya tertinggi pada pukul 15.00 yaitu sebesar 27471 lux, sedangkan intensitas cahaya paling rendah pada pukul 12.00 yaitu sebesar 198 lux.

Intensitas cahaya tertinggi pada pukul 15.00 yaitu sebesar 28087 lux, sedangkan intensitas cahaya paling rendah pada pukul 12.00 yaitu sebesar 191 lux.



Hasil pengukuran intensitas cahaya pada ketiga waktu tersebut menunjukkan bahwa ruang kelas 06 **belum memenuhi standar** tingkat pencahayaan ruang kelas dikarenakan intensitas cahaya pada ruang melebihi standar yang ditetapkan SNI. Intensitas cahaya yang sangat tinggi pada keseluruhan waktu, hal ini dikarenakan rasio bukaan yang sangat besar.

Ruang Kelas 07

Kondisi Ruang

Mempunyai luas sebesar 77,76 m². Pada ruang terdapat 1 bukaan yang merupakan jendela mati.

Pengukuran Langsung

	Pukul 09.00	Pukul 12.00	Pukul 15.00
E_{min} (lx)	73	47	117
E_{max} (lx)	9647	13069	27938

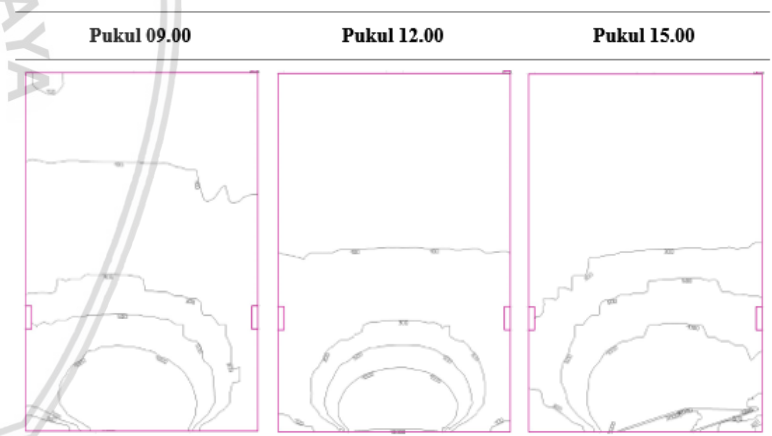
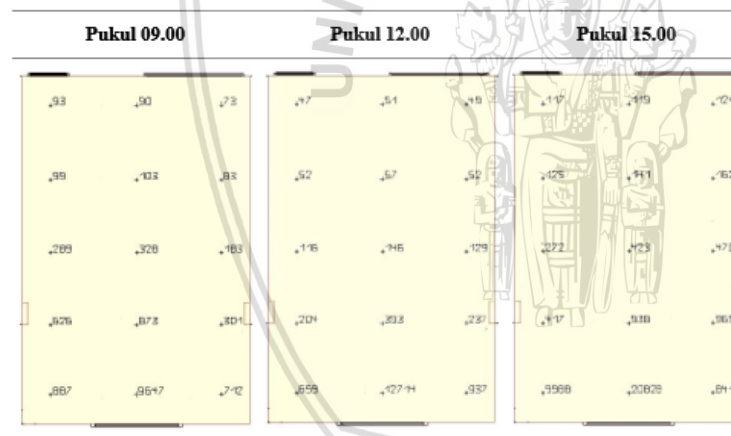
Simulasi Software

	Pukul 09.00	Pukul 12.00	Pukul 15.00
E_{min} (lx)	70,1	45,5	104
E_{max} (lx)	10788	14206	29505



Intensitas cahaya tertinggi pada pukul 15.00 yaitu sebesar 27938 lux, sedangkan intensitas cahaya paling rendah pada pukul 12.00 yaitu sebesar 47 lux.

Intensitas cahaya tertinggi pada pukul 15.00 yaitu sebesar 29505 lux, sedangkan intensitas cahaya paling rendah pada pukul 12.00 yaitu sebesar 45,5 lux.



Hasil pengukuran intensitas cahaya pada ketiga waktu tersebut menunjukkan bahwa ruang kelas 07 belum memenuhi standar tingkat pencahayaan ruang kelas dikarenakan intensitas cahaya pada ruang melebihi standar yang ditetapkan SNI. Intensitas cahaya yang sangat tinggi khususnya di area dekat bukaan. Sedangkan pada siang hari intensitas cahaya pada area yang jauh dari bukaan sangat sedikit, sehingga pada area dalam ruangan menjadi gelap.

Ruang Kelas 08

Kondisi Ruang

Mempunyai luas sebesar 51,84 m². Pada ruang terdapat bukaan yang masing-masing terdapat 2 jendela *awning* dan 1 jendela mati, serta *bouvenlight* di atas tiap-tiap jendela.

Pengukuran Langsung

	Pukul 09.00	Pukul 12.00	Pukul 15.00
E_{min} (lx)	88	51	141
E_{max} (lx)	1355	1393	1899

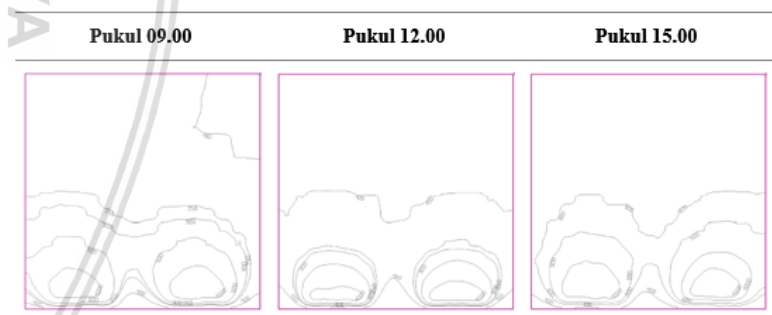
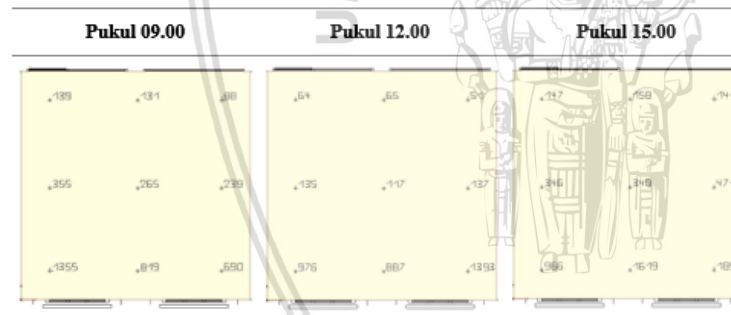
Simulasi Software

	Pukul 09.00	Pukul 12.00	Pukul 15.00
E_{min} (lx)	53,2	29,3	61,6
E_{max} (lx)	1438	1461	1914



Intensitas cahaya tertinggi pada pukul 15.00 yaitu sebesar 1899 lux, sedangkan intensitas cahaya paling rendah pada pukul 12.00 yaitu sebesar 51 lux.

Intensitas cahaya tertinggi pada pukul 15.00 yaitu sebesar 1914 lux, sedangkan intensitas cahaya paling rendah pada pukul 12.00 yaitu sebesar 29,3 lux.



Hasil pengukuran intensitas cahaya pada ketiga waktu tersebut menunjukkan bahwa ruang kelas 08 belum memenuhi standar tingkat pencahayaan ruang kelas dikarenakan intensitas cahaya pada ruang melebihi standar yang ditetapkan SNI. Intensitas cahaya yang sangat tinggi khususnya di area dekat bukaan. Sedangkan pada siang hari intensitas cahaya pada area yang jauh dari bukaan sangat sedikit, sehingga pada area dalam ruangan menjadi gelap.

Ruang Kelas 09

Kondisi Ruang

Mempunyai luas sebesar 51,84 m². Pada ruang terdapat bukaan yang masing-masing terdapat 2 jendela *awning* dan 1 jendela mati, serta *bouvenlight* di atas tiap-tiap jendela.

Pengukuran Langsung

	Pukul 09.00	Pukul 12.00	Pukul 15.00
E_{min} (lx)	116	68	151
E_{max} (lx)	1368	1378	1878

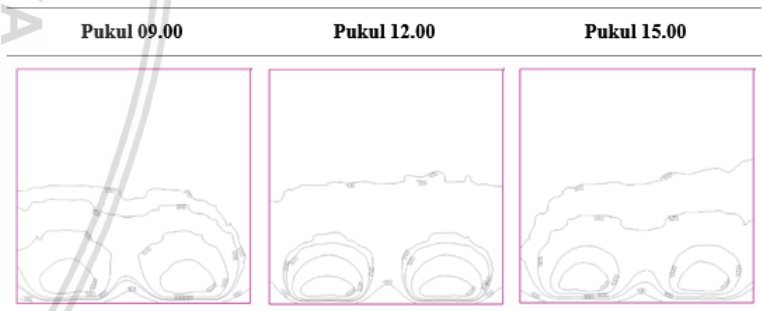
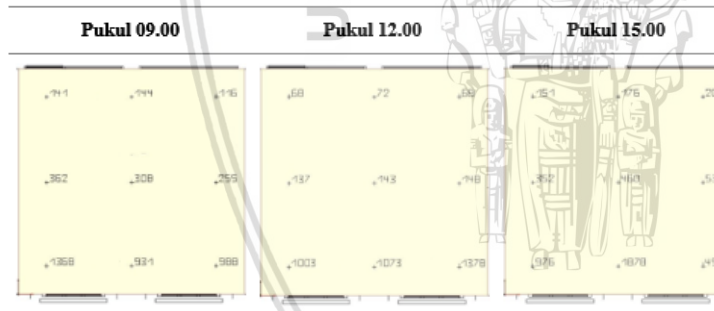
Simulasi Software

	Pukul 09.00	Pukul 12.00	Pukul 15.00
E_{min} (lx)	58	34,4	73,3
E_{max} (lx)	1461	1467	1929



Intensitas cahaya tertinggi pada pukul 15.00 yaitu sebesar 1878 lux, sedangkan intensitas cahaya paling rendah pada pukul 12.00 yaitu sebesar 68 lux.

Intensitas cahaya tertinggi pada pukul 15.00 yaitu sebesar 1929 lux, sedangkan intensitas cahaya paling rendah pada pukul 12.00 yaitu sebesar 34,4 lux.



Hasil pengukuran intensitas cahaya pada ketiga waktu tersebut menunjukkan bahwa ruang kelas 09 belum memenuhi standar tingkat pencahayaan ruang kelas dikarenakan intensitas cahaya pada ruang melebihi standar yang ditetapkan SNI. Intensitas cahaya yang sangat tinggi khususnya di area dekat bukaan. Sedangkan pada siang hari intensitas cahaya pada area yang jauh dari bukaan sangat sedikit, sehingga pada area dalam ruangan menjadi gelap.

Ruang Kelas 10

Kondisi Ruang

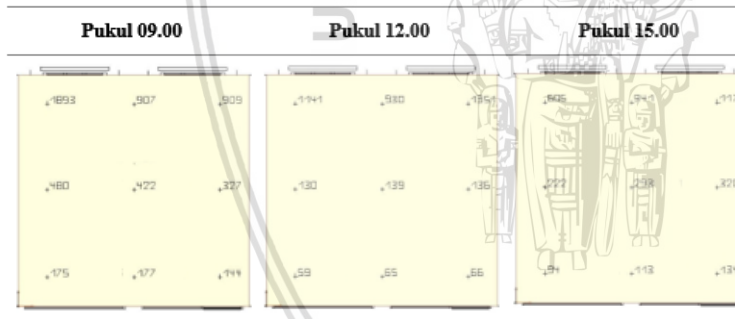
Mempunyai luas sebesar 51,84 m². Pada ruang terdapat bukaan yang masing-masing terdapat 2 jendela *awning* dan 1 jendela mati, serta *bouvenlight* di atas tiap-tiap jendela.



Pengukuran Langsung

	Pukul 09.00	Pukul 12.00	Pukul 15.00
E_{min} (lx)	144	59	94
E_{max} (lx)	1893	1351	1171

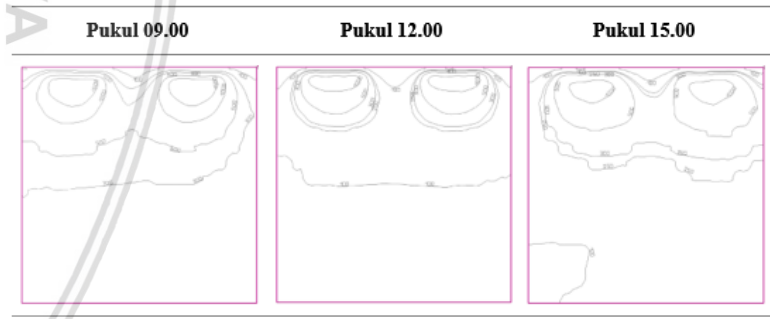
Intensitas cahaya tertinggi pada pukul 09.00 yaitu sebesar 1893 lux, sedangkan intensitas cahaya paling rendah pada pukul 12.00 yaitu sebesar 59 lux.



Simulasi Software

	Pukul 09.00	Pukul 12.00	Pukul 15.00
E_{min} (lx)	67	33,3	51
E_{max} (lx)	1919	1360	1222

Intensitas cahaya tertinggi pada pukul 09.00 yaitu sebesar 1919 lux, sedangkan intensitas cahaya paling rendah pada pukul 12.00 yaitu sebesar 33,3 lux.



Hasil pengukuran intensitas cahaya pada ketiga waktu tersebut menunjukkan bahwa ruang kelas 10 belum memenuhi standar tingkat pencahayaan ruang kelas dikarenakan intensitas cahaya pada ruang melebihi standar yang ditetapkan SNI. Intensitas cahaya yang sangat tinggi khususnya di area dekat bukaan. Sedangkan pada siang hari intensitas cahaya pada area yang jauh dari bukaan sangat sedikit, sehingga pada area dalam ruangan menjadi gelap.

Ruang Kelas 11

Kondisi Ruang

Mempunyai luas sebesar 51,84 m². Pada ruang terdapat bukaan yang masing-masing terdapat 2 jendela *awning* dan 1 jendela mati, serta *bouvenlight* di atas tiap-tiap jendela.

Pengukuran Langsung

	Pukul 09.00	Pukul 12.00	Pukul 15.00
E_{min} (lx)	107	44	82
E_{max} (lx)	1759	1292	1121

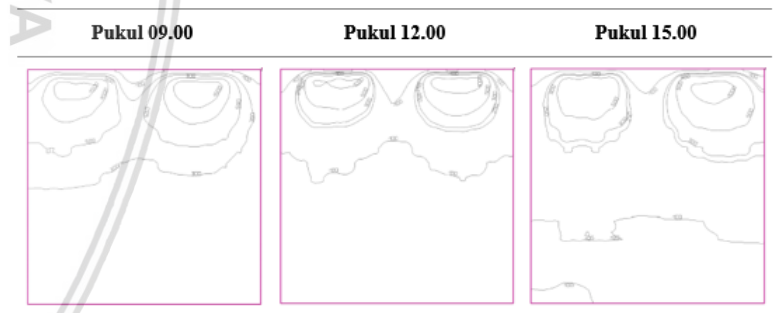
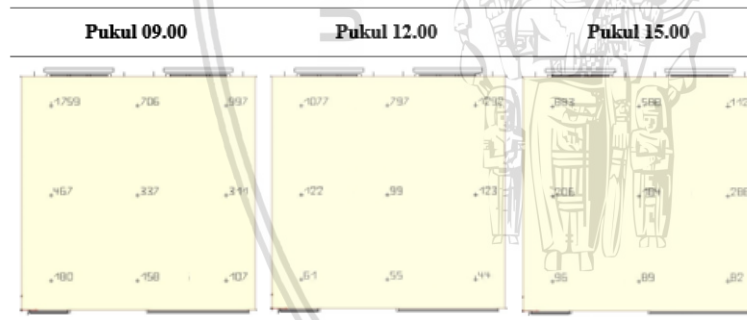
Simulasi Software

	Pukul 09.00	Pukul 12.00	Pukul 15.00
E_{min} (lx)	62,8	28,8	40,9
E_{max} (lx)	1897	1350	1204



Intensitas cahaya tertinggi pada pukul 09.00 yaitu sebesar 1759 lux, sedangkan intensitas cahaya paling rendah pada pukul 12.00 yaitu sebesar 44 lux.

Intensitas cahaya tertinggi pada pukul 09.00 yaitu sebesar 1897 lux, sedangkan intensitas cahaya paling rendah pada pukul 12.00 yaitu sebesar 28,8 lux.



Hasil pengukuran intensitas cahaya pada ketiga waktu tersebut menunjukkan bahwa ruang kelas 11 **belum memenuhi standar** tingkat pencahayaan ruang kelas dikarenakan intensitas cahaya pada ruang melebihi standar yang ditetapkan SNI. Intensitas cahaya yang sangat tinggi khususnya di area dekat bukaan. Sedangkan pada siang hari intensitas cahaya pada area yang jauh dari bukaan sangat sedikit, sehingga pada area dalam ruangan menjadi gelap.

4.3.4 Validasi Hasil Metode Pengukuran Eksisting

Untuk mengetahui nilai keakuratan data hasil pengukuran langsung dengan simulasi *software*, dapat dicari dengan menghitung nilai *relative error*, dimana data dibandingkan masing-masing dengan menggunakan rumus berikut:

$$\text{Relative error (\%)} = \frac{\text{Data Simulasi} - \text{Data Pengukuran Langsung}}{\text{Data Simulasi}} \times 100\%$$

Nilai *relative error* yang ditetapkan untuk data yang valid yakni maksimal 25% dari perbandingan antara pengukuran langsung dengan hasil simulasi *software*. (Australian Bureau of Statistic, 2017).

Tabel 4.4 berikut merupakan perbandingan hasil pengukuran dengan nilai *relative error* masing-masing ruang:

Tabel 4. 4 Validasi pengukuran langsung dan simulasi *software*

Nama Ruang	Pengukuran Langsung			Simulasi Software			Relative Error (%)			Rata-Rata
	09.00	12.00	15.00	09.00	12.00	15.00	09.00	12.00	15.00	
Ruang 01	1398	1315	1791	1429	1465	1907	2,17%	10,24%	6,08%	6,16%
Ruang 02	1342	1298	1717	1445	1456	1911	7,13%	10,85%	10,15%	9,38%
Ruang 03	9859	13050	24083	10889	14271	29545	9,46%	8,56%	18,49%	12,17%
Ruang 04	1815	1184	1161	1929	1372	1239	5,91%	13,70%	6,30%	8,64%
Ruang 05	1751	1205	1092	1895	1361	1190	7,60%	11,46%	8,24%	9,10%

Ruang 06	8386	11031	27471	8556	11261	28087	1,99%	2,04%	2,19%	2,07%
Ruang 07	9647	13069	27938	10788	14206	29505	10,58%	8,00%	5,31%	7,96%
Ruang 08	1355	1393	1899	1438	1461	1914	5,77%	4,65%	0,78%	3,74%
Ruang 09	1368	1378	1878	1461	1467	1929	6,37%	6,07%	2,64%	5,03%
Ruang 10	1893	1351	1171	1919	1360	1222	1,35%	0,66%	4,17%	2,06%
Ruang 11	1759	1292	1121	1897	1350	1204	7,27%	4,30%	6,89%	6,15%

Berdasarkan hasil perbandingan antara pengukuran langsung dengan hasil simulasi software tersebut diketahui bahwa nilai relative error yang didapatkan di bawah 25%, itu berarti menunjukkan nilai tingkat akurasi dari hasil simulasi cukup baik dan hasilnya dapat mewakili kondisi eksisting untuk keperluan simulasi tahap berikutnya.

4.4 Analisis Simulasi Kondisi Eksisting 1 Tahun Penuh

Setelah diketahui validasi dari permodelan simulasi *software* yang dipakai, tentunya metode simulasi ini dapat dikatakan valid/sah mewakili dari kondisi eksisting bangunan yang diteliti. Berikutnya akan disimulasikan kondisi eksisting ruang dalam kurun waktu 1 tahun penuh dimana akan dilakukan pengujuran pada bulan Juni, September dan Desember dengan mengambil 3 waktu yang berbeda, yakni pagi pukul 19.00, siang pukul 12.00 dan sore pukul 15.00.

Untuk detail dari hasil simulasi *software DIALux evo 7.1* yang dilakukan dapat dilihat pada lampiran 2 terkait hasil simulasi kondisi eksisting 1 tahun penuh. Sedangkan untuk analisis secara singkat dapat dilihat pada tabel 4.5 berikut:

Tabel 4. 5 Analisis simulasi kondisi eksisting 1 tahun penuh

Bulan/ Waktu	Juni			September			Desember		
	09.00	12.00	15.00	09.00	12.00	15.00	09.00	12.00	15.00
Ruang Kelas 01									
Intensitas Pencahayaannya									
Visualisasi Ruang									
Keterangan	Intensitas cahaya yang masuk ke dalam ruang hampir mendekati standar. Pencahayaannya yang kurang merata dalam ruang, disebabkan pada area dalam yang jauh dari bukaan, intensitas pencahayaannya masih rendah.			Intensitas cahaya yang masuk ke dalam ruang hampir mendekati standar, kecuali pada pukul 15.00 dimana intensitas pencahayaan yang terjadi sangat tinggi. Pencahayaannya yang kurang merata dalam ruang, disebabkan pada area dalam yang jauh dari bukaan, intensitas pencahayaannya masih rendah terutama pada pukul 12.00.			Intensitas cahaya yang masuk ke dalam ruang sangat tinggi dan melebihi dari standar. Pada pukul 15.00 juga terdapat cahaya langsung yang masuk ke dalam ruang. Perbedaan intensitas cahaya yang sangat kontras antara area yang dekat bukaan dengan area dalam yang jauh dari bukaan, sehingga menimbulkan pencahayaan yang tidak merata dalam ruang. Dalam kasus ini ruang bagian dalam hampir mendekati standar, sedangkan area yang dekat bukaan melebihi standar.		

Lux



li Intensitas cahaya yang masuk ke dalam ruang pada keseluruhan waktu sangat tinggi/melebihi standar. Pada pukul 15.00 juga terdapat cahaya langsung yang masuk ke dalam ruang.

ü Perbedaan yang sangat kontras antara area yang dekat bukaan dengan area dalam ruangan, sehingga menimbulkan pencahayaan yang tidak merata dalam ruang.

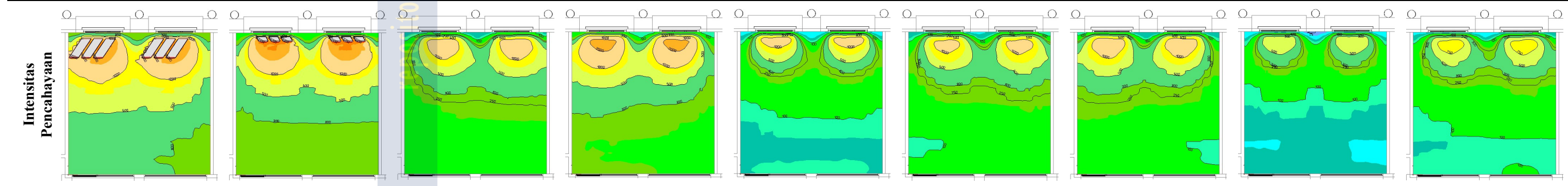
Lux



ul Intensitas cahaya yang masuk ke dalam ruang pada keseluruhan waktu melebihi standar. Juga terdapat cahaya langsung yang masuk ke dalam ruang.

g Perbedaan yang sangat kontras antara area yang dekat bukaan dengan area dalam ruangan, sehingga menimbulkan pencahayaan yang tidak merata dalam ruang.

Ruang Kelas 04

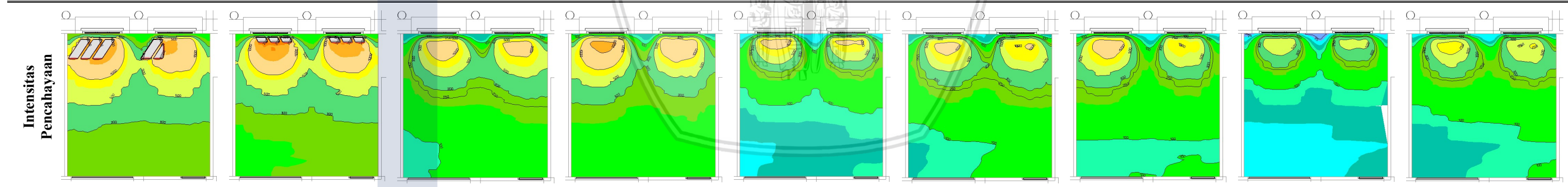


Keterangan	<p>Intensitas cahaya yang masuk ke dalam ruang sangat tinggi dan melebihi dari standar. Pada pukul 09.00 dan 12.00 juga terdapat cahaya langsung yang masuk ke dalam ruang.</p>
	<p>Perbedaan intensitas cahaya yang sangat kontras antara area yang dekat bukaan dengan area dalam yang jauh dari bukaan, sehingga menimbulkan pencahayaan yang tidak merata dalam ruang.</p>

Intensitas cahaya yang masuk ke dalam ruang hampir mendekati standar, kecuali pada pukul 09.00 dimana intensitas pencahayaan yang terjadi sangat tinggi. Pencahayaan yang kurang merata dalam ruang, disebabkan pada area dalam yang jauh dari bukaan, intensitas pencahayaannya masih rendah terutama pada pukul 12.00.

Intensitas cahaya yang masuk ke dalam ruang hampir mendekati standar. Pencahayaan yang kurang merata dalam ruang, disebabkan pada area dalam yang jauh dari bukaan, intensitas pencahayaannya masih rendah terutama pada pukul 12.00.

Ruang Kelas 05

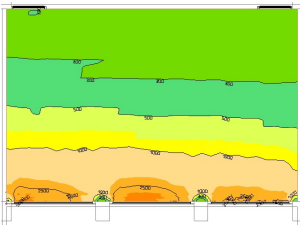
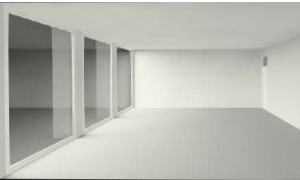
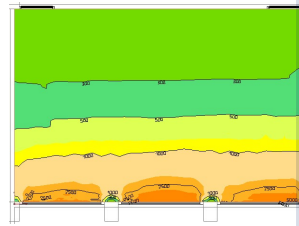
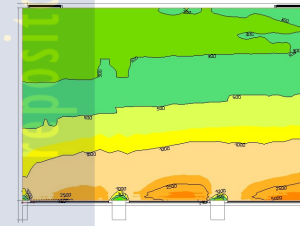
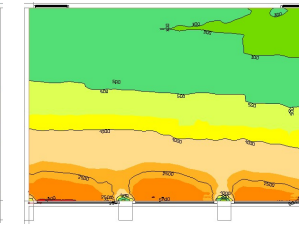
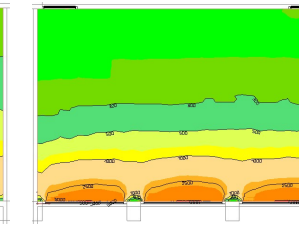
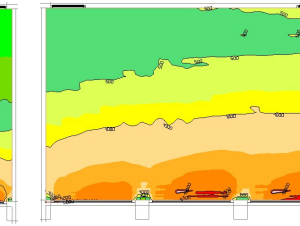
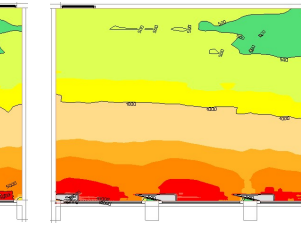
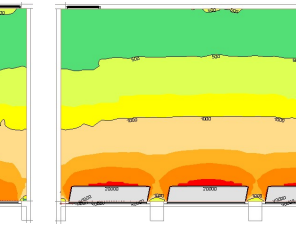
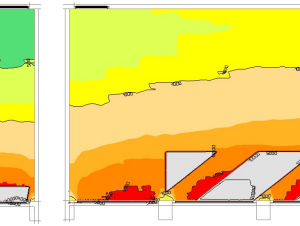
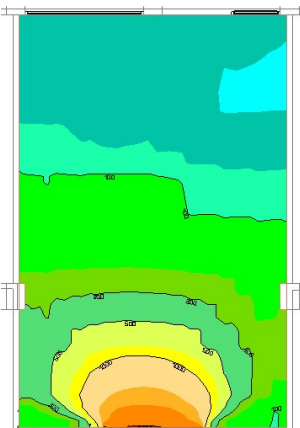
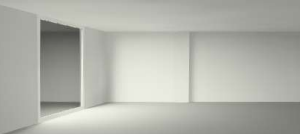
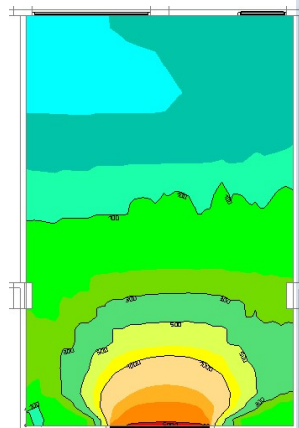

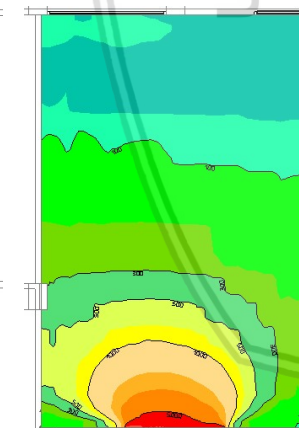
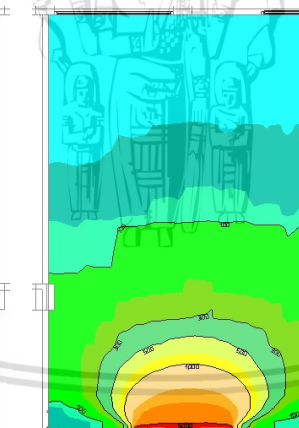
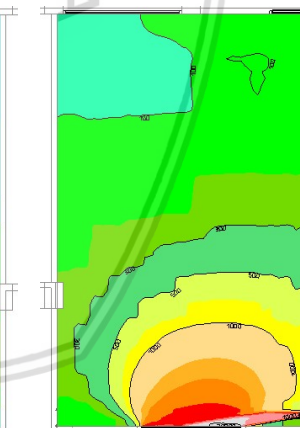

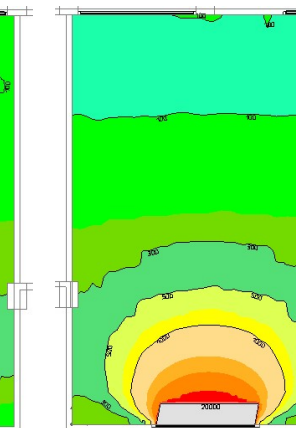
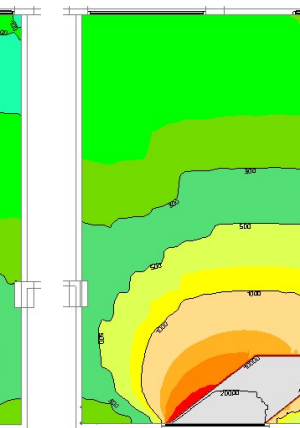


<p>Keterangan</p>	<p>Intensitas cahaya yang masuk ke dalam ruang melebihi standar. Terlebih pada pukul 09.00 dan 12.00 terdapat cahaya langsung yang masuk ke dalam ruang.</p> <p>Perbedaan intensitas cahaya yang sangat kontras antara area yang dekat bukaan dengan area dalam yang jauh dari bukaan, sehingga menimbulkan pencahayaan yang tidak merata dalam ruang.</p>
--------------------------	--

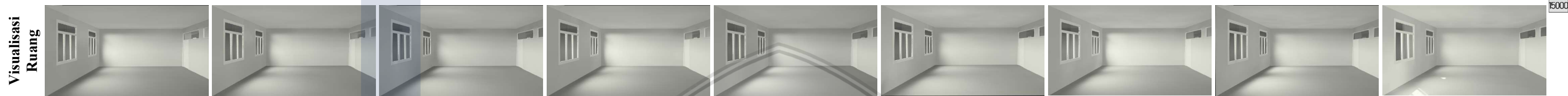
Intensitas cahaya yang masuk ke dalam ruang hampir mendekati standar, kecuali pada pukul 09.00 dimana intensitas pencahayaan melebihi standar.

Pencahayaan yang kurang merata dalam ruang, disebabkan pada area dalam yang jauh dari bukaan, intensitas pencahayaannya masih rendah terutama pada pukul 12.00.

Intensitas cahaya yang masuk ke dalam ruang hampir mendekati standar. Pencahayaan yang kurang merata dalam ruang, disebabkan pada area dalam yang jauh dari bukaan, intensitas pencahayaannya masih rendah terutama pada pukul 12.00 dan pukul 15.00.

Ruang Kelas 06										Lux
Intensitas Pencahayaan	Visualisasi Ruang									
										
Intensitas cahaya yang masuk ke dalam ruang melebihi standar. Perbedaan intensitas cahaya yang sangat kontras antara area yang dekat bukaan dengan area dalam yang jauh dari bukaan, sehingga menimbulkan pencahayaan yang tidak merata dalam ruang. Dalam kasus ini ruang bagian dalam hampir mendekati standar, sedangkan area yang dekat bukaan melebihi standar.		Intensitas cahaya yang masuk ke dalam ruang melebihi standar. Perbedaan intensitas cahaya yang sangat kontras antara area yang dekat bukaan dengan area dalam yang jauh dari bukaan, sehingga menimbulkan pencahayaan yang tidak merata dalam ruang.		Intensitas cahaya yang masuk ke dalam ruang melebihi standar. Pada keseluruhan waktu terdapat cahaya langsung yang masuk ke dalam ruang. Perbedaan intensitas cahaya yang sangat kontras antara area yang dekat bukaan dengan area dalam yang jauh dari bukaan, sehingga menimbulkan pencahayaan yang tidak merata dalam ruang. Dalam kasus ini ruang bagian dalam hampir mendekati standar, sedangkan area yang dekat bukaan melebihi standar.						
Ruang Kelas 07										Lux
Intensitas Pencahayaan	Visualisasi Ruang									
										
Intensitas cahaya yang masuk ke dalam ruang pada keseluruhan waktu melebihi standar. Juga terdapat cahaya langsung yang masuk ke dalam ruang. Perbedaan yang sangat kontras antara area yang dekat bukaan dengan area dalam ruangan, sehingga menimbulkan pencahayaan yang tidak merata dalam ruang.		Intensitas cahaya yang masuk ke dalam ruang melebihi standar, kecuali pada pukul 12.00 dimana intensitas pencahayaannya sudah mendekati standar. Pencahayaan yang kurang merata dalam ruang, disebabkan pada area dalam yang jauh dari bukaan, intensitas pencahayaannya masih rendah.		Intensitas cahaya yang masuk ke dalam ruang sangat tinggi dan melebihi dari standar. Pada keseluruhan waktu terdapat cahaya langsung yang masuk ke dalam ruang. Perbedaan intensitas cahaya yang sangat kontras antara area yang dekat bukaan dengan area dalam yang jauh dari bukaan, sehingga menimbulkan pencahayaan yang tidak merata dalam ruang. Dalam kasus ini ruang bagian dalam hampir mendekati standar, sedangkan area yang dekat bukaan melebihi standar.						

Ruang Kelas 09



Perbedaan yang sangat kontras antara area yang dekat bukaan dengan area dalam ruangan, sehingga menimbulkan pencahayaan yang tidak merata dalam ruang.



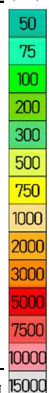
Perbedaan intensitas cahaya yang sangat kontras antara area yang dekat bukaan dengan area dalam yang jauh dari bukaan, sehingga menimbulkan pencahayaan yang tidak merata dalam ruang. Dalam kasus ini ruang bagian dalam hampir mendekati standar, sedangkan area yang dekat bukaan melebihi standar.

Lux



Pencahayaan yang kurang merata dalam ruang, disebabkan pada area dalam yang jauh dari bukaan, intensitas pencahayaannya masih sangat rendah. Sedangkan area di dekat bukaan mendekati standar.

Lux



Pencahayaan yang kurang merata dalam ruang, disebabkan pada area dalam yang jauh dari bukaan, intensitas pencahayaannya masih rendah terutama pada pukul 12.00 dan pukul 15.00.

4.5 Analisis Kondisi Eksisting Berdasarkan Standar

Berdasarkan hasil analisis ruang yang diteliti terdapat faktor-faktor yang mempengaruhi distribusi pencahayaan alami pada ruang, antara lain kondisi bukaan, jenis kaca dan desain *sun shading*. Tabel 4.6 berikut merupakan hasil perbandingan kondisi eksisting tersebut pada masing-masing ruang kelas beserta standar/literatur yang dipakai.

Tabel 4. 6 Perbandingan kondisi eksisting berdasarkan standar

Ruang		Aspek Yang Dinilai	Kondisi Eksiting	Standar/Literatur	Keterangan
Ruang 01	Bukaan	Luas Bukaan/ <i>Win to Wall Ratio</i>	$6,30 \text{ m}^2 = \frac{6,30}{21,60} \times 100\% = 29\%$	<i>IFC Guide</i> (25-50%)	Sudah memenuhi standar
		Orientasi	Selatan	Utara dan Selatan	Sudah memenuhi standar
		Material Kaca	Kaca bening	Berdasarkan nilai <i>VLT</i>	Akan diujikan pada alternatif desain
	<i>Sun shading</i>	Lebar	0,55 m	Berdasarkan SBV dan SBH	Akan diujikan pada alternatif desain
	Interior	Lantai	Keramik cream (20%)	Faktor refleksi (10-50%)	Sudah memenuhi standar
		Dinding	Cat cream (50%)	Faktor refleksi (30-80%)	Sudah memenuhi standar
		Langit-langit	GRC board putih (70%)	Faktor refleksi (60-90%)	Sudah memenuhi standar
	Pencahayaan	Intensitas Cahaya	E_{av} tertinggi (452 lux)	SNI (250 lux)	Melebihi standar
Ruang 02	Bukaan	Luas Bukaan/ <i>Win to Wall Ratio</i>	$6,30 \text{ m}^2 = \frac{6,30}{21,60} \times 100\% = 29\%$	<i>IFC Guide</i> (25-50%)	Sudah memenuhi standar
		Orientasi	Selatan	Utara dan Selatan	Sudah memenuhi standar
		Material Kaca	Kaca bening	Berdasarkan nilai <i>VLT</i>	Akan diujikan pada alternatif desain
	<i>Sun shading</i>	Lebar	0,55 m	Berdasarkan SBV&SBH	Akan diujikan pada alternatif desain
	Interior	Lantai	Keramik cream (20%)	Faktor refleksi (10-50%)	Sudah memenuhi standar
		Dinding	Cat cream (50%)	Faktor refleksi (30-80%)	Sudah memenuhi standar
		Langit-langit	GRC board putih (70%)	Faktor refleksi (60-90%)	Sudah memenuhi standar
	Pencahayaan	Intensitas Cahaya	E_{av} tertinggi (423 lux)	SNI (250 lux)	Melebihi standar
Ruang 03	Bukaan	Luas Bukaan/ <i>Win to Wall Ratio</i>	$8,50 \text{ m}^2 = \frac{8,50}{21,60} \times 100\% = 39\%$	<i>IFC Guide</i> (25-50%)	Sudah memenuhi standar
		Orientasi	Selatan	Utara dan Selatan	Sudah memenuhi standar
		Material Kaca	Kaca bening	Berdasarkan nilai <i>VLT</i>	Akan diujikan pada alternatif desain
	<i>Sun shading</i>	Lebar	0,00 m (tidak ada)	Berdasarkan SBV&SBH	Akan diujikan pada alternatif desain
	Interior	Lantai	Keramik cream (20%)	Faktor refleksi (10-50%)	Sudah memenuhi standar
		Dinding	Cat cream (50%)	Faktor refleksi (30-80%)	Sudah memenuhi standar
		Langit-langit	GRC board putih (70%)	Faktor refleksi (60-90%)	Sudah memenuhi standar
	Pencahayaan	Intensitas Cahaya	E_{av} tertinggi (1046 lux)	SNI (250 lux)	Melebihi standar

Ruang 04	Bukaan	Luas Bukaan/Win to Wall Ratio	$6,30 \text{ m}^2 = \frac{6,30}{21,60} \times 100\% = 29\%$	IFC Guide (25-50%)	Sudah memenuhi standar
		Orientasi	Utara	Utara dan Selatan	Sudah memenuhi standar
		Material Kaca	Kaca bening	Berdasarkan nilai <i>VLT</i>	Akan diujikan pada alternatif desain
	Sun shadding	Lebar	0,55 m	Berdasarkan SBV dan SBH	Akan diujikan pada alternatif desain
	Interior	Lantai	Keramik cream (20%)	Faktor refleksi (10-50%)	Sudah memenuhi standar
		Dinding	Cat cream (50%)	Faktor refleksi (30-80%)	Sudah memenuhi standar
		Langit-langit	GRC board putih (70%)	Faktor refleksi (60-90%)	Sudah memenuhi standar
	Pencahayaan	Intensitas Cahaya	E _{av} tertinggi (429 lux)	SNI (250 lux)	Melebihi standar
Ruang 05	Bukaan	Luas Bukaan/Win to Wall Ratio	$6,30 \text{ m}^2 = \frac{6,30}{21,60} \times 100\% = 29\%$	IFC Guide (25-50%)	Sudah memenuhi standar
		Orientasi	Utara	Utara dan Selatan	Sudah memenuhi standar
		Material Kaca	Kaca bening	Berdasarkan nilai <i>VLT</i>	Akan diujikan pada alternatif desain
	Sun shadding	Lebar	0,55 m	Berdasarkan SBV dan SBH	Akan diujikan pada alternatif desain
	Interior	Lantai	Keramik cream (20%)	Faktor refleksi (10-50%)	Sudah memenuhi standar
		Dinding	Cat cream (50%)	Faktor refleksi (30-80%)	Sudah memenuhi standar
		Langit-langit	GRC board putih (70%)	Faktor refleksi (60-90%)	Sudah memenuhi standar
	Pencahayaan	Intensitas Cahaya	E _{av} tertinggi (337 lux)	SNI (250 lux)	Melebihi standar
Ruang 06	Bukaan	Luas Bukaan/Win to Wall Ratio	$31,50 \text{ m}^2 = \frac{31,50}{32,40} \times 100\% = 97\%$	IFC Guide (25-50%)	Melebihi standar
		Orientasi	Selatan	Utara dan Selatan	Sudah memenuhi standar
		Material Kaca	Kaca bening	Berdasarkan nilai <i>VLT</i>	Akan diujikan pada alternatif desain
	Sun shadding	Lebar	0,00 m (tidak ada)	Berdasarkan SBV dan SBH	Akan diujikan pada alternatif desain
	Interior	Lantai	Keramik cream (20%)	Faktor refleksi (10-50%)	Sudah memenuhi standar
		Dinding	Cat cream (50%)	Faktor refleksi (30-80%)	Sudah memenuhi standar
		Langit-langit	GRC board putih (70%)	Faktor refleksi (60-90%)	Sudah memenuhi standar
	Pencahayaan	Intensitas Cahaya	E _{av} tertinggi (1200 lux)	SNI (250 lux)	Melebihi standar

Ruang 07	Bukaan	Luas Bukaan/ <i>Win to Wall Ratio</i>	$8,50 \text{ m}^2 = \frac{8,50}{21,60} \times 100\% = 39\%$	<i>IFC Guide (25-50%)</i>	Sudah memenuhi standar
		Orientasi	Selatan	Utara dan Selatan	Sudah memenuhi standar
		Material Kaca	Kaca bening	Berdasarkan nilai <i>VLT</i>	Akan diujikan pada alternatif desain
	<i>Sun shading</i>	Lebar	0,00 m (tidak ada)	Berdasarkan SBV dan SBH	Akan diujikan pada alternatif desain
	Interior	Lantai	Keramik cream (20%)	Faktor refleksi (10-50%)	Sudah memenuhi standar
		Dinding	Cat cream (50%)	Faktor refleksi (30-80%)	Sudah memenuhi standar
		Langit-langit	GRC board putih (70%)	Faktor refleksi (60-90%)	Sudah memenuhi standar
	Pencahayaan	Intensitas Cahaya	E_{av} tertinggi (1043 lux)	SNI (250 lux)	Melebihi standar
Ruang 08	Bukaan	Luas Bukaan/ <i>Win to Wall Ratio</i>	$6,30 \text{ m}^2 = \frac{6,30}{21,60} \times 100\% = 29\%$	<i>IFC Guide (25-50%)</i>	Sudah memenuhi standar
		Orientasi	Selatan	Utara dan Selatan	Sudah memenuhi standar
		Material Kaca	Kaca bening	Berdasarkan nilai <i>VLT</i>	Akan diujikan pada alternatif desain
	<i>Sun shading</i>	Lebar	0,55 m	Berdasarkan SBV dan SBH	Akan diujikan pada alternatif desain
	Interior	Lantai	Keramik cream (20%)	Faktor refleksi (10-50%)	Sudah memenuhi standar
		Dinding	Cat cream (50%)	Faktor refleksi (30-80%)	Sudah memenuhi standar
		Langit-langit	GRC board putih (70%)	Faktor refleksi (60-90%)	Sudah memenuhi standar
	Pencahayaan	Intensitas Cahaya	E_{av} tertinggi (378 lux)	SNI (250 lux)	Melebihi standar
Ruang 09	Bukaan	Luas Bukaan/ <i>Win to Wall Ratio</i>	$6,30 \text{ m}^2 = \frac{6,30}{21,60} \times 100\% = 29\%$	<i>IFC Guide (25-50%)</i>	Sudah memenuhi standar
		Orientasi	Selatan	Utara dan Selatan	Sudah memenuhi standar
		Material Kaca	Kaca bening	Berdasarkan nilai <i>VLT</i>	Akan diujikan pada alternatif desain
	<i>Sun shading</i>	Lebar	0,55 m	Berdasarkan SBV dan SBH	Akan diujikan pada alternatif desain
	Interior	Lantai	Keramik cream (20%)	Faktor refleksi (10-50%)	Sudah memenuhi standar
		Dinding	Cat cream (50%)	Faktor refleksi (30-80%)	Sudah memenuhi standar
		Langit-langit	GRC board putih (70%)	Faktor refleksi (60-90%)	Sudah memenuhi standar
	Pencahayaan	Intensitas Cahaya	E_{av} tertinggi (452 lux)	SNI (250 lux)	Melebihi standar

Ruang 10	Bukaan	Luas Bukaan/ <i>Win to Wall Ratio</i>	$6,30 \text{ m}^2 = \frac{6,30}{21,60} \times 100\% = 29\%$	<i>IFC Guide</i> (25-50%)	Sudah memenuhi standar
		Orientasi	Utara	Utara dan Selatan	Sudah memenuhi standar
		Material Kaca	Kaca bening	Berdasarkan nilai <i>VLT</i>	Akan diujikan pada alternatif desain
	<i>Sun shadding</i>	Lebar	0,55 m	Berdasarkan SBV dan SBH	Akan diujikan pada alternatif desain
	Interior	Lantai	Keramik cream (20%)	Faktor refleksi (10-50%)	Sudah memenuhi standar
		Dinding	Cat cream (50%)	Faktor refleksi (30-80%)	Sudah memenuhi standar
		Langit-langit	GRC board putih (70%)	Faktor refleksi (60-90%)	Sudah memenuhi standar
	Pencahayaan	Intensitas Cahaya	E _{av} tertinggi (424 lux)	SNI (250 lux)	Melebihi standar
Ruang 11	Bukaan	Luas Bukaan/ <i>Win to Wall Ratio</i>	$6,30 \text{ m}^2 = \frac{6,30}{21,60} \times 100\% = 29\%$	<i>IFC Guide</i> (25-50%)	Sudah memenuhi standar
		Orientasi	Utara	Utara dan Selatan	Sudah memenuhi standar
		Material Kaca	Kaca bening	Berdasarkan nilai <i>VLT</i>	Akan diujikan pada alternatif desain
	<i>Sun shadding</i>	Lebar	0,55 m	Berdasarkan SBV dan SBH	Akan diujikan pada alternatif desain
	Interior	Lantai	Keramik cream (20%)	Faktor refleksi (10-50%)	Sudah memenuhi standar
		Dinding	Cat cream (50%)	Faktor refleksi (30-80%)	Sudah memenuhi standar
		Langit-langit	GRC board putih (70%)	Faktor refleksi (60-90%)	Sudah memenuhi standar
	Pencahayaan	Intensitas Cahaya	E _{av} tertinggi (385 lux)	SNI (250 lux)	Melebihi standar

Berdasarkan hasil analisis kondisi eksisting tersebut, dapat diambil kesimpulan bahwa keseluruhan ruang belum mencapai tingkat intensitas pencahayaan sesuai SNI yakni 250 lux, untuk nilai rata-rata intensitas cahaya yang terjadi lebih besar dari standar yang ditetapkan. Hal ini disebabkan beberapa faktor yang belum sesuai ketentuan standar/literatur seperti dimensi bukaan, jenis material kaca yang dipakai dan ukuran *sun shadding* yang diaplikasikan pada bangunan. Variabel yang belum sesuai dengan standar ini pada tahap selanjutnya akan diujikan beberapa alternatif desain atau alternatif material yang kemudian akan diuji dengan simulasi *software DIALux evo 7.1*.

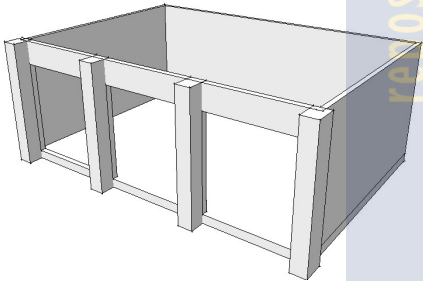
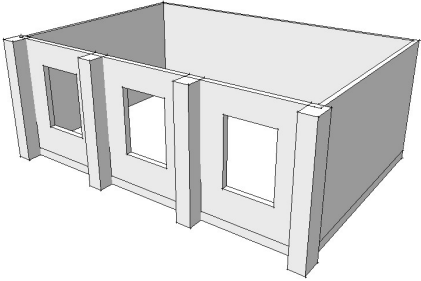
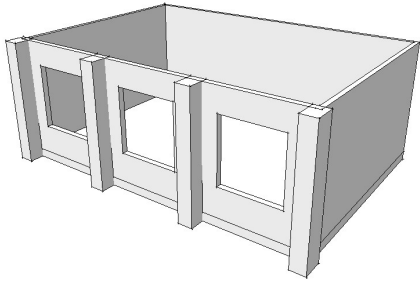
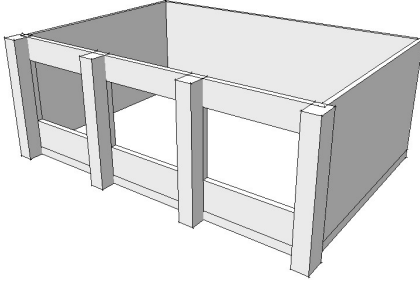
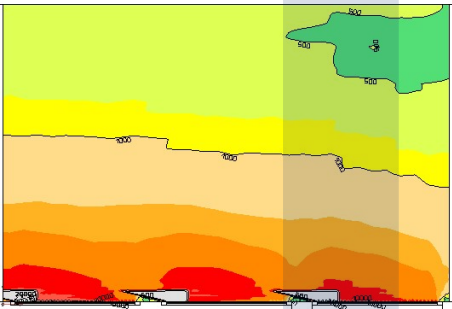
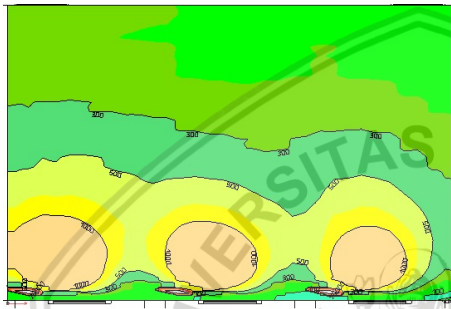
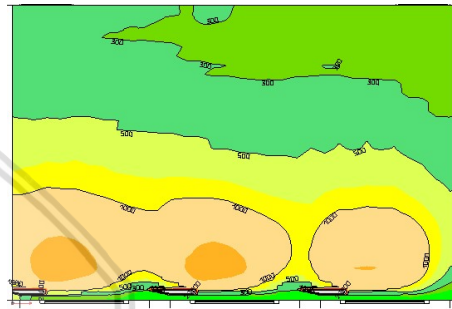
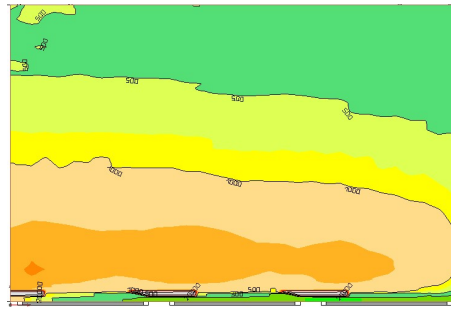
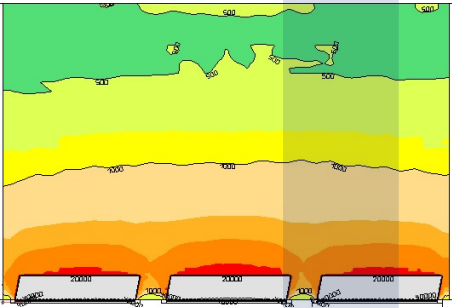
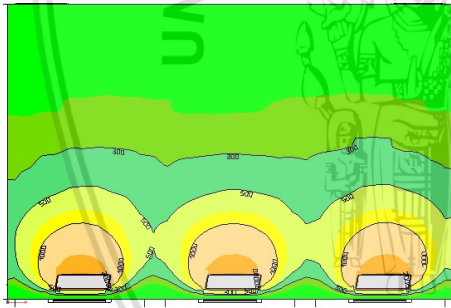
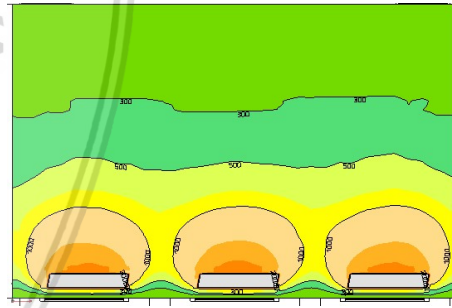

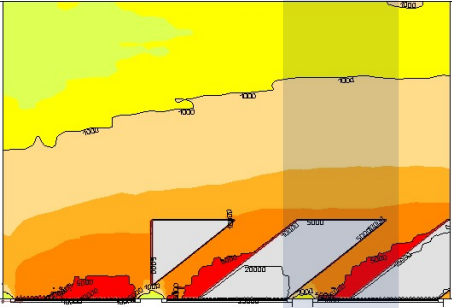
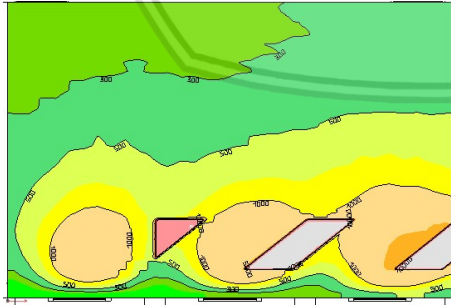
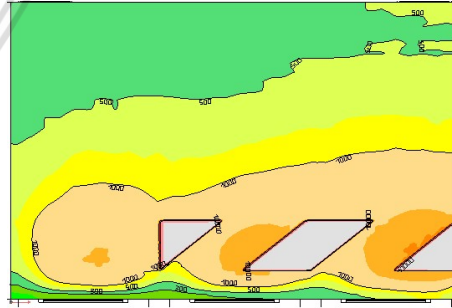
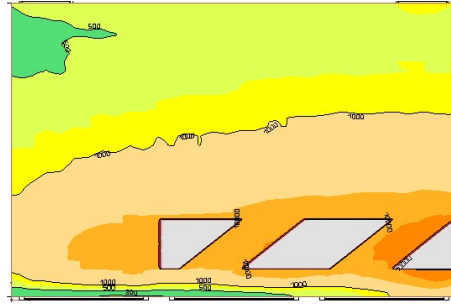
4.6 Analisis Alternatif Desain

4.6.1 Dimensi Bukaan

Pada objek penelitian ini, terdapat 3 jenis bukaan berdasarkan luas/dimensinya. Kaitannya dengan nilai *WWR* (*Window to Wall Ratio*) ditetapkan bahwa standar nilai *WWR* untuk fungsi ruang kelas adalah antara 25% sampai dengan 50%. Pada bangunan, bukaan tipe 1 dan tipe 2 sudah memenuhi standar yaitu masing-masing sebesar 29% dan 39%, sedangkan pada bukaan tipe 3, nilai *WWR* belum memenuhi standar yakni sebesar 97%. Oleh karena itu, untuk bukaan tipe 3 dimensi/luas bukaannya akan diujikan beberapa alternatif yang nantinya akan disimulasikan pada *software DIALux evo 7.1*. Dalam kasus bukaan tipe 3 ini, akan disesuaikan dengan kriteria nilai *WWR* standar dan diambil 3 alternatif nilai *WWR*, yakni nilai minimum = 25%, sedang = 37% dan maksimum = 50%.

Terkait waktu pengambilan simulasi, dari analisis kondisi eksisting diketahui pada bulan Desember intensitas pencahayaan pada ruangan yang dinaungi bukaan tipe 3 ini terjadi sangat tinggi, sehingga untuk menguji alternatif desain bukaan ini akan diambil pada bulan Desember dengan tetap menggunakan 3 waktu pagi pukul 09.00, siang pukul 12.00 dan sore pukul 15.00. Untuk detail dari masing-masing alternatif nilai *WWR* yang diterapkan dan hasil dari simulasinya dapat dilihat pada tabel 4.7 berikut:

Tabel 4. 7 Analisis alternatif dimensi bukaan

Kondisi	Eksisting	Alternatif 1	Alternatif 2	Alternatif 3
Visualisasi 3D				
WWR/Luas	WWR eksisting = 97% Luas Bukaan = 31,5 m ²	WWR minimum = 25% Luas Bukaan = 8,1 m ²	WWR sedang = 37% Luas Bukaan = 11,9 m ²	WWR maksimum = 50% Luas Bukaan = 16,5 m ²
Hasil Simulasi	09.00 	09.00 	09.00 	09.00 
	12.00 	12.00 	12.00 	12.00 
	15.00 	15.00 	15.00 	15.00 
Keterangan	Intensitas cahaya yang masuk ke dalam ruang sangat tinggi dan melebihi dari standar. Kontras yang sangat besar terjadi antara area yang dekat dengan bukaan dengan area yang jauh dari bukaan.	Intensitas cahaya yang masuk ke dalam ruang masih melebihi dari standar, namun pada bagian dalam intensitas cahaya terlalu rendah. Kontras pencahayaan masih terjadi pada ruang	Intensitas cahaya yang masuk ke dalam ruang masih melebihi dari standar. Kontras pencahayaan masih terjadi pada ruang, namun intensitas cahaya lebih merata	Intensitas cahaya yang masuk ke dalam ruang masih melebihi dari standar. Kontras yang sangat besar terjadi antara area yang dekat dengan bukaan dengan area yang jauh dari bukaan.

Sumber : Simulasi *software DIALux evo*

Dari 3 alternatif yang diujikan tersebut, dapat ditarik kesimpulan bahwa **alternatif 2** (*WWR* = 37%) dinilai paling efektif diterapkan pada bukaan tipe 3 ini. Intensitas pencahayaan ruang yang terjadi memang masih melebihi standar, akan tetapi pertimbangan aspek-aspek lain yang nantinya akan ditambahkan pada bukaan, seperti material kaca, *sun shading* dan *lightshef*, maka alternatif ini dinilai paling efektif.

4.6.2 Material Kaca

Jenis material kaca yang digunakan (eksisting) yakni kaca bening/*clear float glass*, dimana jenis kaca ini mempunyai nilai transmisi cahaya yang cukup tinggi yakni sebesar 90-92% dan tingkat penyebaran cahaya yang sangat lemah (Lechner, 2007). Sehingga penggunaan kaca jenis ini masih kurang efektif untuk mengontrol cahaya yang masuk ke dalam ruang dimana kondisi eksisting yang terjadi intensitas cahaya alami melalui maerial kaca ini sangat tinggi.

Alternatif yang dapat digunakan yakni menggunakan kaca yang memiliki tingat transmisi cahaya (*VLT*) yang lebih rendah dari material kaca eksisting. Alternatif yang dapat dipakai yaitu jenis kaca *Tinted Float Glass*, *Reflective Glass* dan *Insulating Glass* dengan beberapa sub-jenis dari masing-masing alternatif tersebut. Untuk detail material kaca dan hasil simulasinya dapat dilihat pada tabel 4.8 berikut:

Tabel 4. 8 Analisis alternatif jenis kaca

Kondisi		Eksisting		Alternatif 1			Alternatif 2			Alternatif 3			Lux
Kaca/VLT/VLR		Clear Float Glass	VLT = 90% VLR = 8%	Tinted Float Glass	VLT = 68% VLR = 6%		Reflective Glass	VLT = 35% VLR = 32%		Insulating Glass	VLT = 54% VLR = 12%		
Hasil Simulasi	09.00												
	12.00												
	15.00												
Keterangan		Intensitas cahaya yang masuk ke dalam ruang sangat tinggi dan melebihi dari standar.			Tidak terlihat perbedaan yang signifikan dikarenakan jenis kaca masih meneruskan sebagian besar cahaya.			Intensitas cahaya yang masuk terlalu rendah, selain itu terjadi efek negatif dari pemantulan kaca bagian luar.			Intensitas cahaya yang masuk menjadi lebih rendah namun tetap diatas standar.		

Sumber : Simulasi *software DIALux evo*

Berdasarkan hasil simulasi tersebut, jenis kaca yang dapat mereduksi intensitas cahaya dan tetap dapat mengakomodasi sistem pencahayaan alami adalah pada **alternatif 3** yakni *insulating glass* yang memiliki nilai *VLT* = 54% dan *VLR* = 12%. Pengaruh terbesar dalam hal ini adalah nilai *VLT* saja sebenarnya, namun nilai *VLR* yang rendah juga sangat baik diterapkan agar meminimalisir dampak silau/*glare* pada luar bangunan dari efek pemantulan kaca. Kelebihan utama dari jenis kaca *insulating glass* ini adalah sistemnya yang *double glazing*, jadi pada sisi thermal bangunan jenis kaca ini dapat memberikan keuntungan yang besa pula.

4.6.3 Sun Shadding

Untuk mengurangi intensitas cahaya yang berlebih, penggunaan elemen *sun shadding* sangat diperlukan. Pada eksisting hanya bukaan tipe 1 saja yang menggunakan elemen *sun shadding* ini, namun ukurannya belum optimal. Sedangkan pada bukaan tipe 2 dan tipe 3 tidak terdapat elemen *sun shadding* sama sekali.

Untuk menentukan lebar *sun shadding* ini digunakan nilai sudut pembayang dengan menentukan SBV dan SBH melalui diagram matahari pada arah bukaan pada bangunan. Tabel 4.9 dan 4.10 berikut merupakan sintesis dari perhitungan SBV dan SBH, masing-masing yakni pada *façade* sisi utara dan selatan bangunan dimana bukaan berada:

Tabel 4. 9 SBV dan SBH pada sisi *façade* utara

Waktu	Juni		September		Desember	
	SBV	SBH	SBV	SBH	SBV	SBH
09.00	47°	34°	74°	27°	-	-
12.00	61°	-28°	84°	-30°	-	-
15.00	62°	-53°	-	-	-	-

Tabel 4. 10 SBV dan SBH pada sisi *façade* selatan

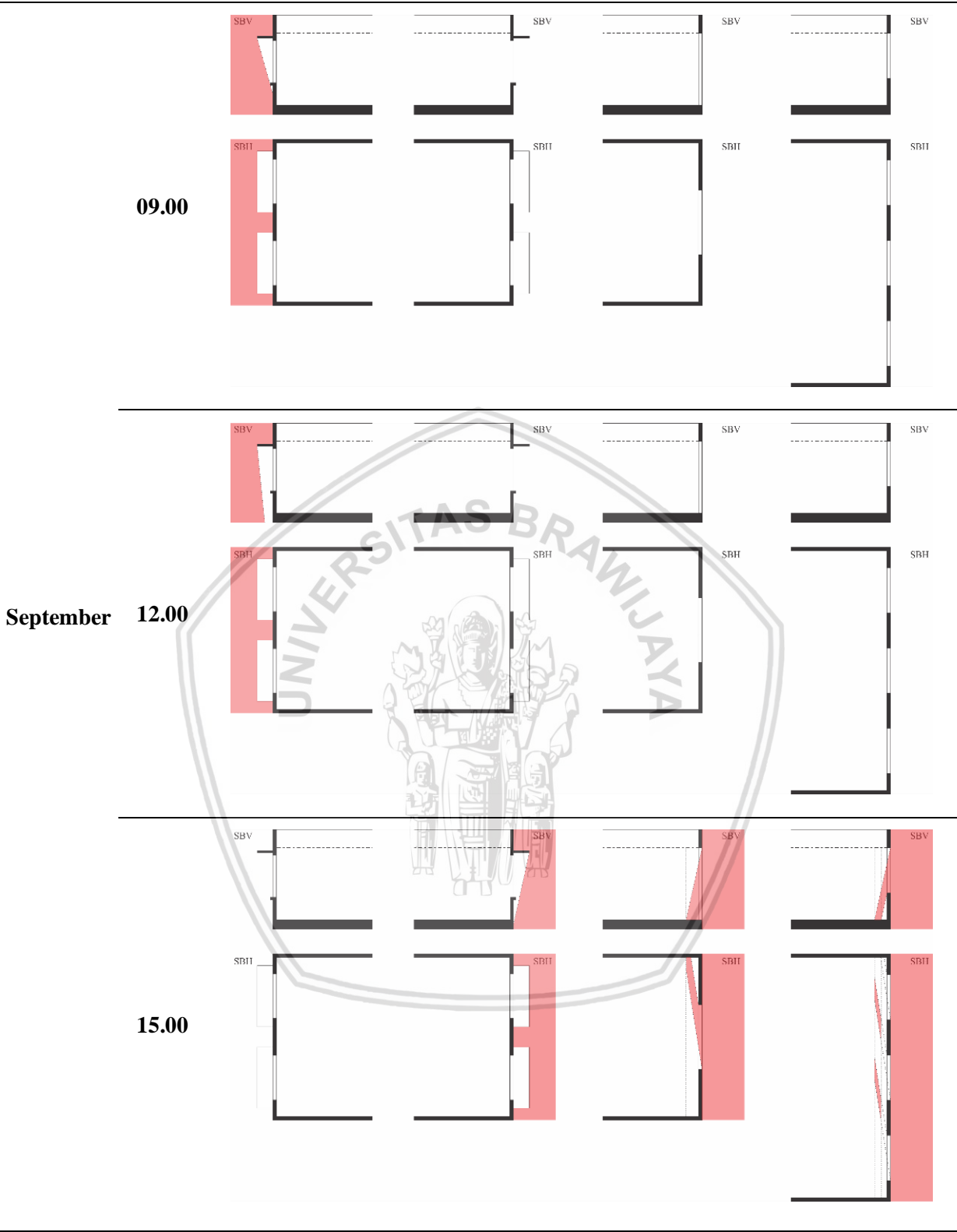
Waktu	Juni		September		Desember	
	SBV	SBH	SBV	SBH	SBV	SBH
09.00	-	-	-	-	80°	-78°
12.00	-	-	-	-	73°	12°
15.00	-	-	77°	80°	50°	51°

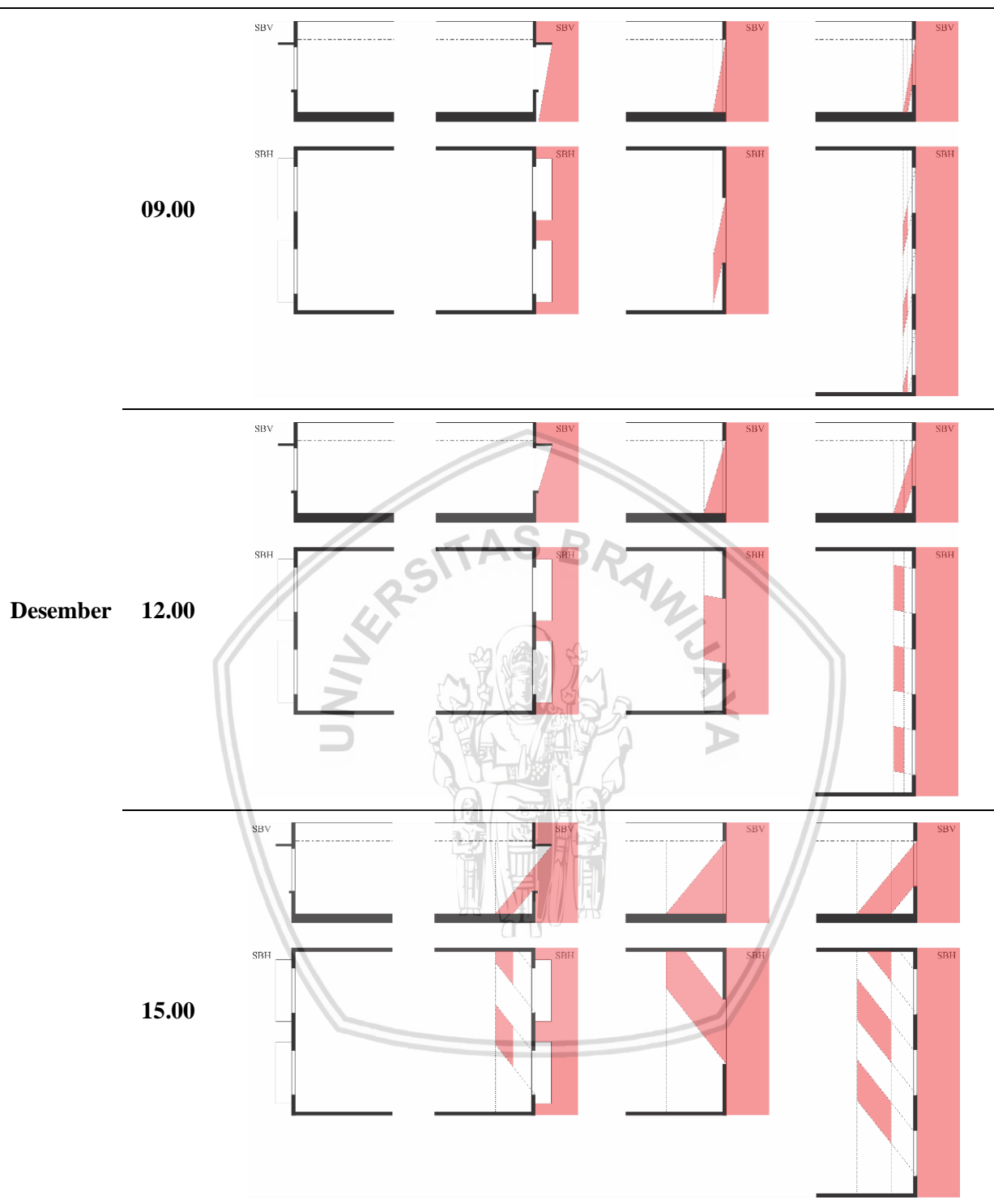
Dari nilai SBV dan SBH pada masing- masing sisi *façade* bangunan tersebut, nantinya akan diambil sebagai acuan dalam merancang pembayangan matahari yang menunjukkan arah pembayangan matahari terjauh yaitu ditunjukkan dengan nilai sudut SBV dan SBH terkecil.

Tabel 4.11 berikut adalah hasil dari visualisasi pola pembayangan pada bangunan yang diketahui dengan SBV dan SBH

Tabel 4. 11 Visualisasi pola pembayangan ruang berdasarkan SBV dan SBH

Bulan	Waktu	Tipe Bukaannya					
		Tipe 1		Tipe 2		Tipe 3	
Juli	09.00						
	12.00						
	15.00						

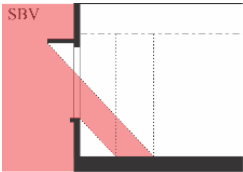
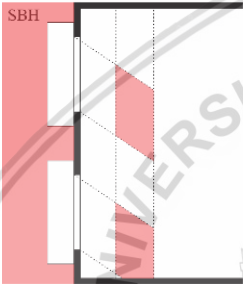
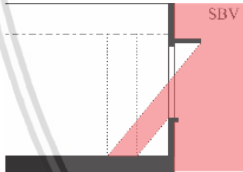
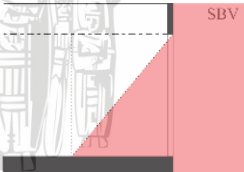
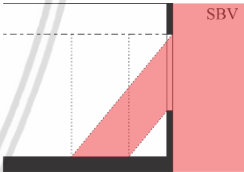
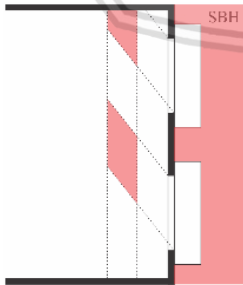
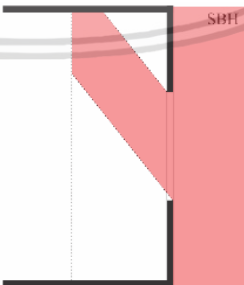
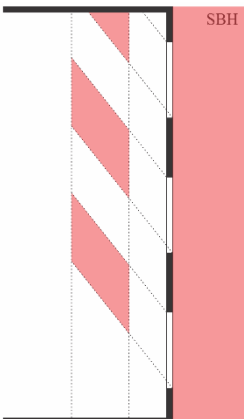




Dari hasil pengukuran tersebut dapat diketahui bahwa nilai SBV dan SBH pada kedua sisi *façade* bangunan berbeda, sehingga desain ukuran lebar *sun shading* yang digunakan juga akan berbeda disesuaikan dengan kebutuhan. Dari tabel tersebut nilai SBV dan SBH yang digunakan sebagai acuan dalam merancang pembayangan matahari yang sesuai yaitu yang memiliki nilai/sudut terkecil yang menunjukkan arah pembayangan matahari terjauh yang masuk ke dalam ruang melalui bukaan.

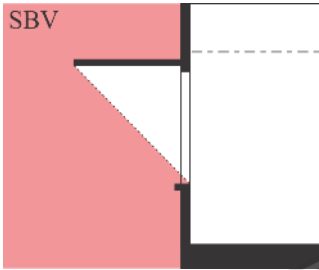
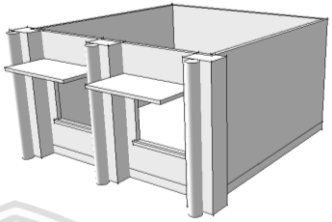
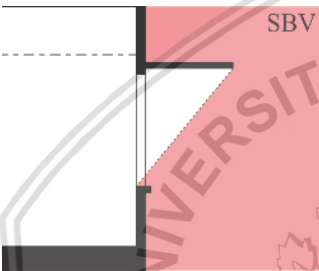
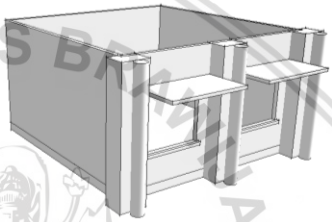
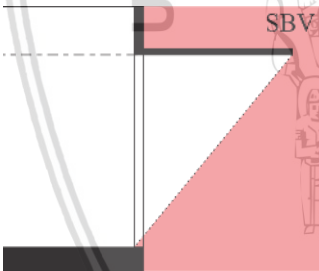
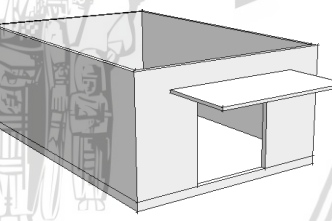
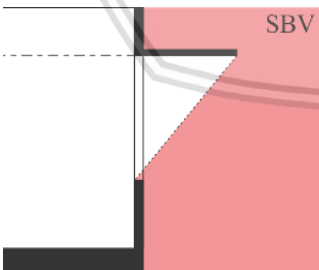
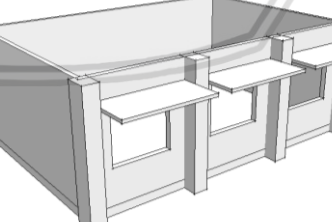
Tabel 4.12 berikut merupakan hasil pembayangan matahari terjauh yang terjadi:

Tabel 4. 12 SBV dan SBH yang diambil sebagai acuan

		Tipe Bukaannya		
Posisi facade		Tipe 1	Tipe 2	Tipe 3
Utara		Potongan (SBV) = 47°	Potongan (SBV) = 47°	Potongan (SBV) = 47°
			—	—
		Denah (SBH) = 27°	Denah (SBH) = 27°	Denah (SBH) = 27°
			—	—
Selatan		Potongan (SBV) = 50°	Potongan (SBV) = 50°	Potongan (SBV) = 50°
				
		Denah (SBH) = 12°	Denah (SBH) = 12°	Denah (SBH) = 12°
				

Tabel 4.13 berikut adalah lebar *sun shading* optimal yang didapatkan dari perhitungan SBV dan SBH tersebut

Tabel 4. 13 Visualisasi pembayangan dengan *sun shading* optimal

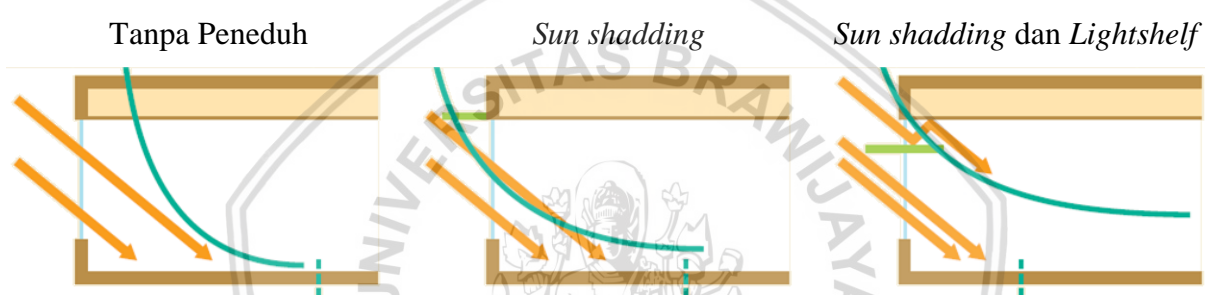
Tipe Bukaannya	Potongan	Visualisasi 3D	Lebar <i>Sun shading</i>
Tipe 1 (<i>Façade Utara</i>)			180 cm
Tipe 1 (<i>Façade Selatan</i>)			150 cm
Tipe 2 (<i>Façade Selatan</i>)			250 cm
Tipe 3 (<i>Façade Selatan</i>)			150 cm

Dari tabel tersebut dapat dilihat bahwa lebar *sun shading* optimal untuk bukaan tipe 1 pada *façade* timur laut adalah 180 cm dan pada *façade* barat daya 150 cm, sedangkan untuk bukaan tipe 2 dan tipe 3 lebar *sun shading* optimal adalah 250 cm.

4.6.4 Reflektor Cahaya/Lightshelf

Dimensi *sun shading* tersebut sangat tidak efektif jika diterapkan begitu saja pada *façade* bangunan, selain akan membebani struktur bangunan juga mengurangi nilai estetika bangunan. Solusi yang dapat diambil yakni dengan menggunakan elemen reflektor cahaya/*lightshelf*. Aplikasinya yakni menggabungkan *sun shading* pada bagian luar dengan *lightshelf* pada bagian dalam bangunan, sehingga dimensi *sun shading* dapat dikurangi dengan adanya *lightshelf*.

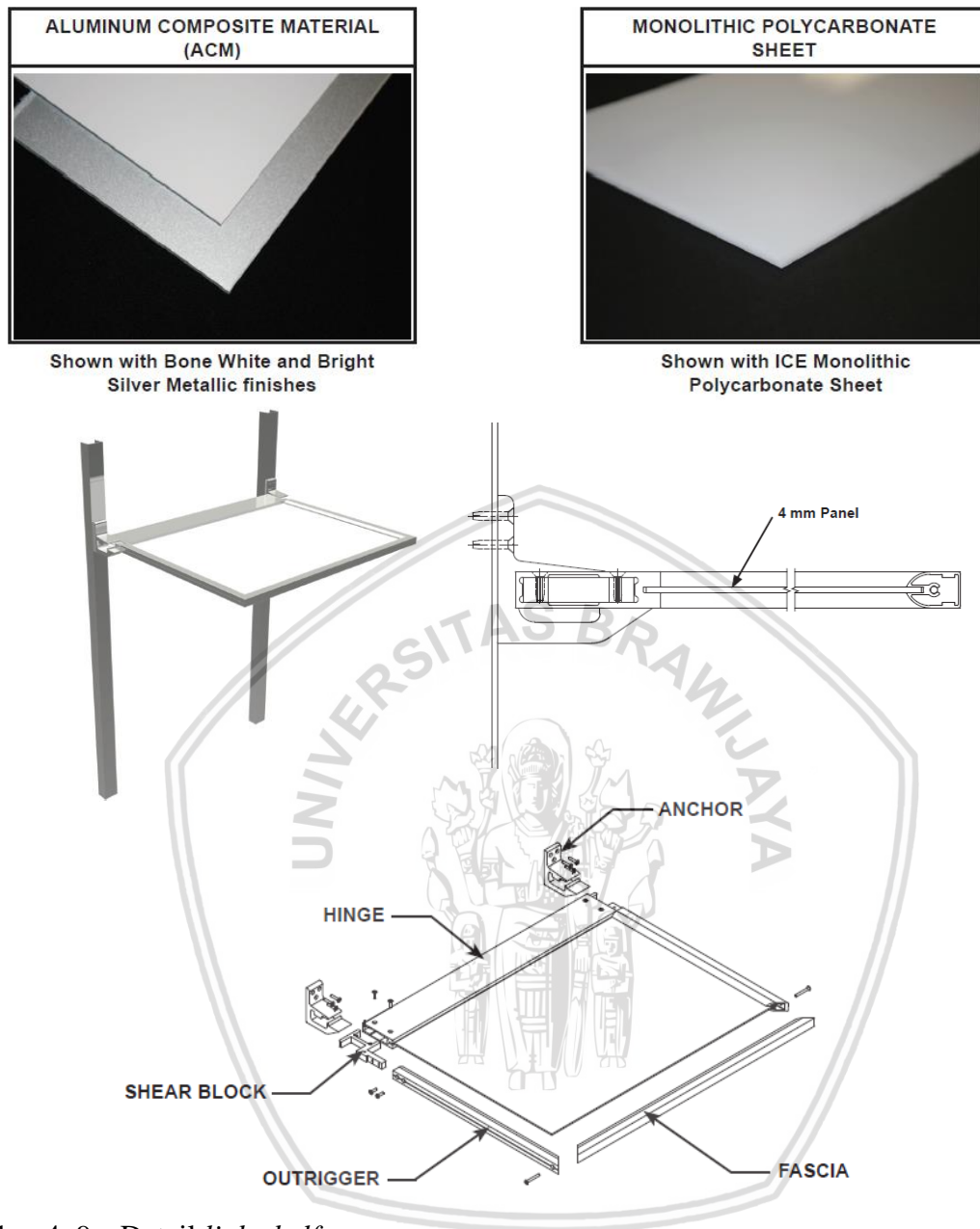
Aplikasi *lightshelf* ini selain sebagai elemen pembayang seperti *sun shading*, juga dapat memberikan solusi untuk perbedaan intensitas cahaya yang sangat kontras sehingga menimbulkan pencahayaan yang tidak merata dalam ruang.



Gambar 4. 8 Kinerja distribusi cahaya alami pada ruang
Sumber : IFC Guide

Gambar 4.8 tersebut menunjukkan perbandingan distribusi cahaya antara bukaan tanpa peneduh, dengan *sun shading* dan menggunakan *lightshelf*. Dapat diketahui bahwa kinerja reflektor cahaya/*lightshelf* dapat mendistribusikan pencahayaan alami secara lebih merata dan lebih dalam dengan memantulkan cahaya dari langit-langit ruangan. Langit-langit dekat jendela yang lebih terang juga bisa mengurangi sensasi silau karena berkurangnya kontras antara permukaan interior (langit-langit) dan lingkungan luar.

Lightshelf acuan yang digunakan menggunakan merk Kawneer dengan spesifikasi material ACM (*aluminium composite material*) atau *polycarbonate panel*. Untuk detail *lightshelf* tersebut dapat dilihat pada gambar 4.28 berikut ini:



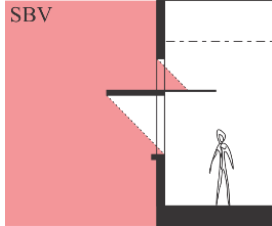
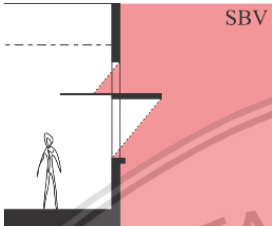
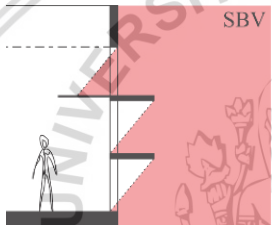
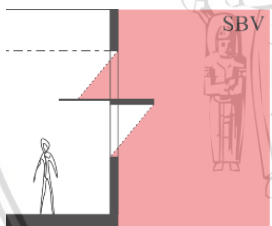
Gambar 4. 9 Detail *lightshelf*

Sumber : Kawneer Company, Inc.

Dimensi plat *lightshelf* yang digunakan yakni dengan panjang menyesuaikan ruangan dan mengambil lebar 100 cm dengan menggunakan finishing warna cerah (putih/silver) sehingga dapat memaksimalkan pemantulan cahaya ke dalam ruang.

Kaitannya dengan dimensi *sun shading* yang sebelumnya kurang maksimal, tabel 4.14 berikut merupakan visualisasi hasil penggabungan desain *sun shading* dan *lightshelf* dimana didapatkan lebar *sun shading* optimal yang tidak terlalu besar dan efektif bila diaplikasikan pada bangunan.

Tabel 4. 14 Visualisasi pembayangan dengan *sun shading* dan *lightshelf*

Tipe Bukaannya	Gambar Potongan	Lebar <i>Lightshelf</i>	Lebar <i>Sun Shadding</i>
Tipe 1 (<i>Façade Utara</i>)		100 cm	95 cm
Tipe 1 (<i>Façade Selatan</i>)		100 cm	80 cm
Tipe 2 (<i>Façade Selatan</i>)		100 cm	70 cm
Tipe 3 (<i>Façade Selatan</i>)		100 cm	70 cm

Dari analisis tersebut dapat diketahui lebar *sun shading* yang lebih kecil dari sebelumnya dengan penambahan elemen *lightshelf* selebar 100 cm.

Sebagai catatan tambahan untuk *sun shading* pada bukaan tipe 2, bentukannya dimodifikasi sedemikian rupa. Hal ini dilakukan dengan pertimbangan meskipun sudah diaplikasikan elemen *lightshelf* namun lebarnya masih terlalu besar, sehingga solusi yang paling mudah adalah dengan membaginya menjadi 2 buah *horizontal sun shading*.

Penggunaan jenis material kaca dalam kondisi ini akan berbeda sedikit, dimana pada bagian atas *lightshelf* menggunakan kaca bening/*clear float glass* dimana bagian ini diperlukan transmisi cahaya yang besar agar cahaya dapat masuk secara maksimal dan dapat dipantulkan *lightshel* sehingga dapat meningkatkan penetrasi cahaya ke bagian dalam ruang.


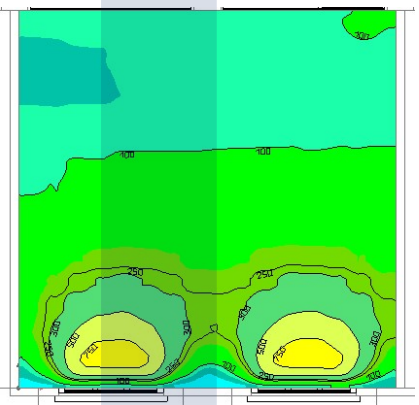
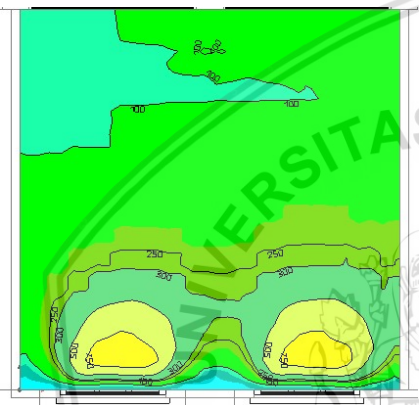
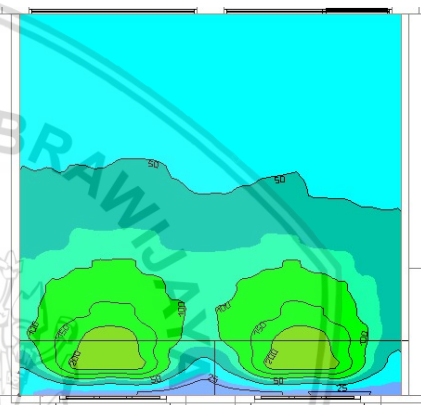
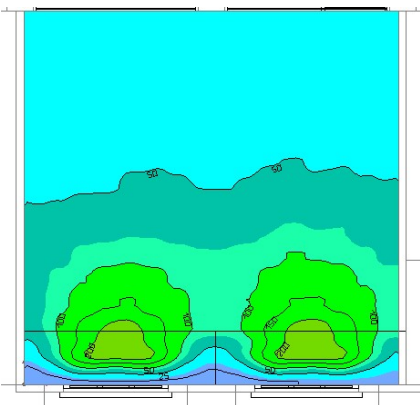
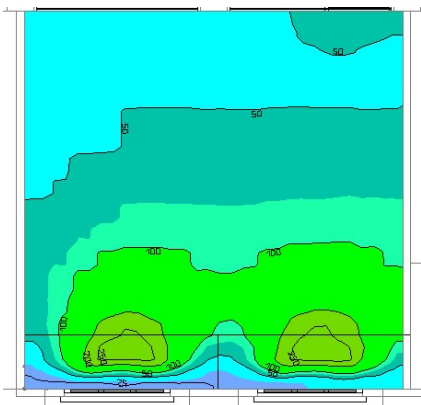

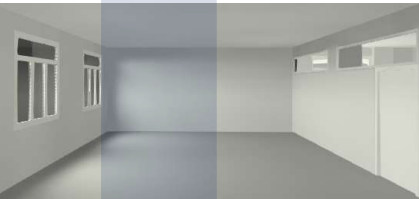

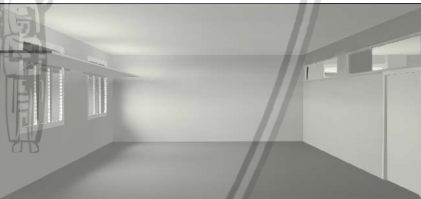
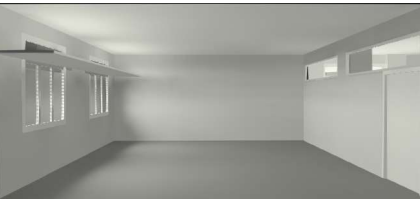
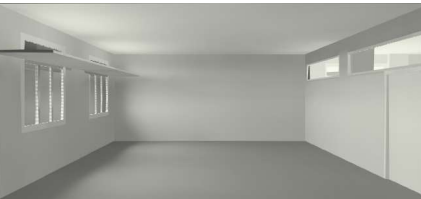
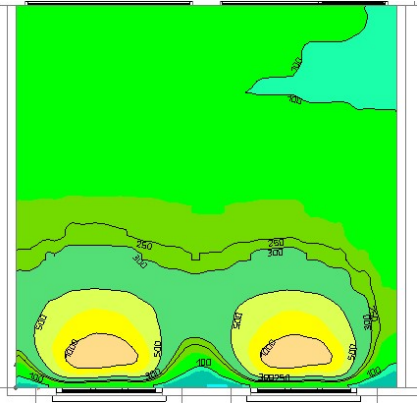
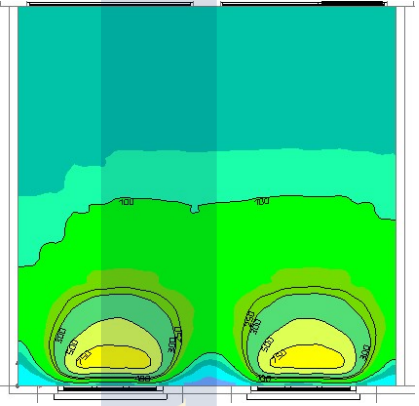
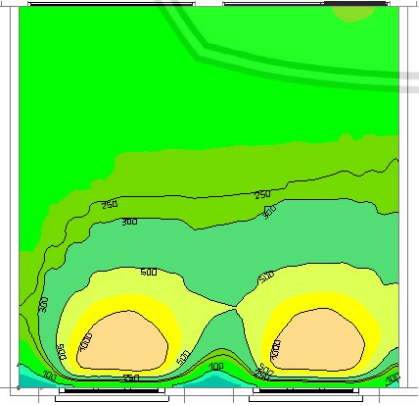
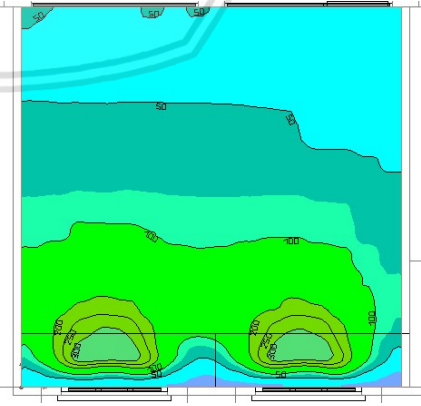
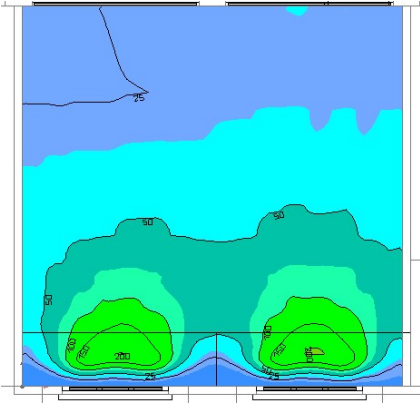
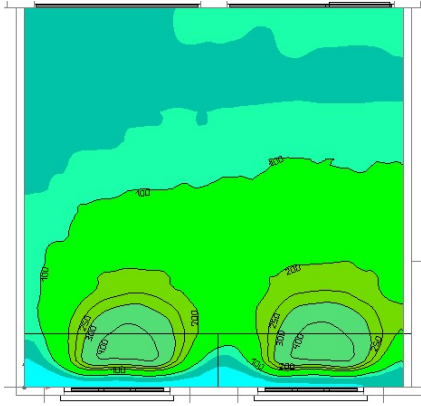
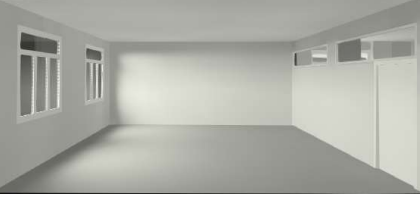

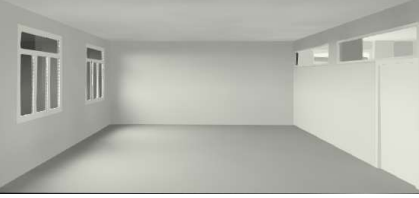
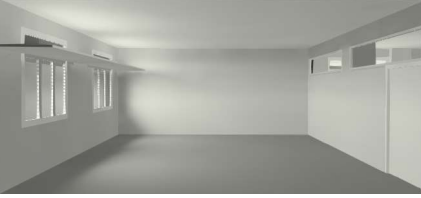
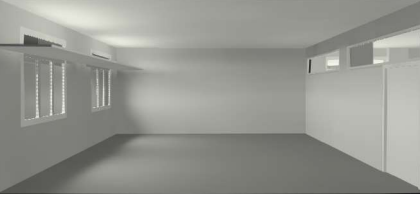
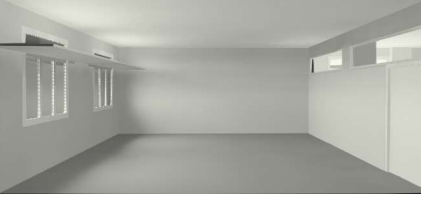
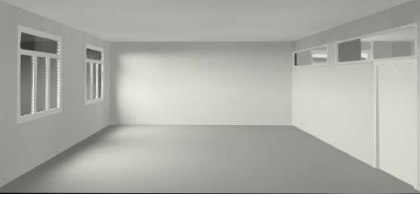

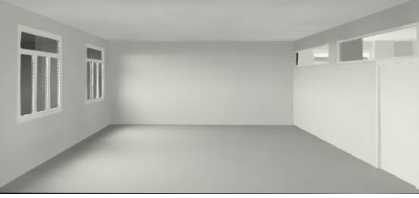
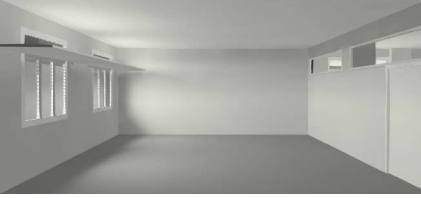
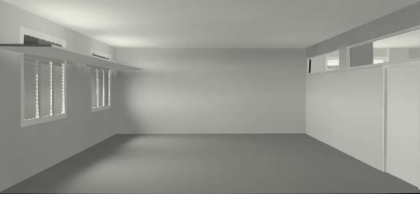
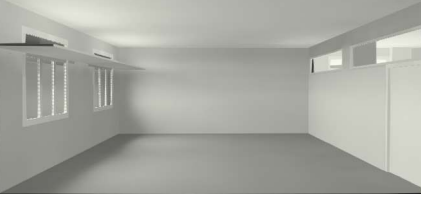








4.7 Analisis Rekomendasi Desain

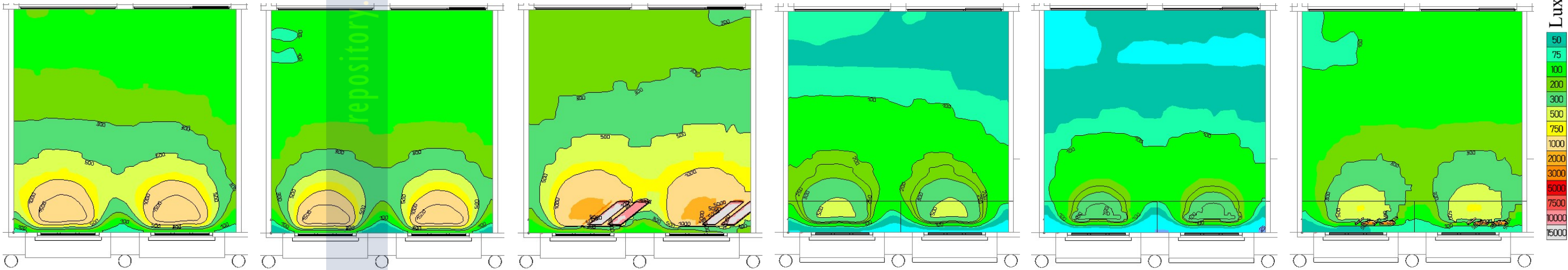
4.7.1 Perbandingan Kondisi Ruang Eksisting dengan Hasil Rekomendasi Desain

Hasil dari simulasi rekomendasi desain yang didapatkan dapat dilihat pada lampiran 3 tentang hasil simulasi rekomendasi desain 1 tahun penuh. Untuk penjelasan dari perbandingan intensitas pencahayaan ruang kondisi eksisting dan hasil dari rekomendasi desain, disajikan dari hasil simulasi sebelum dan sesudah aplikasi rekomendasi desain yang akan ditampilkan pada tabel 4.15 berikut:

Tabel 4. 15 Perbandingan kondisi ruang eksisting dengan hasil rekomendasi

Ruang Kelas 01						
Kondisi Eksisting			Hasil Rekomendasi			
Bln	09.00	12.00	15.00	09.00	12.00	15.00
Juni						
						
						
September						
						
						

Desember



Kondisi Eksisting:

Intensitas pencahayaan yang masuk ke dalam ruang sangat tinggi/melebihi standar dengan hampir 32% area kondisi pencahayaannya melebihi standar, terlebih lagi pada bulan Desember pukul 15.00 terdapat cahaya langsung yang masuk ke dalam ruang yang menyebabkan silau/glare.

Tingkat pencahayaan standar mencapai 64% dan sisanya sebesar 4% merupakan area yang memiliki pencahayaan di bawah standar.

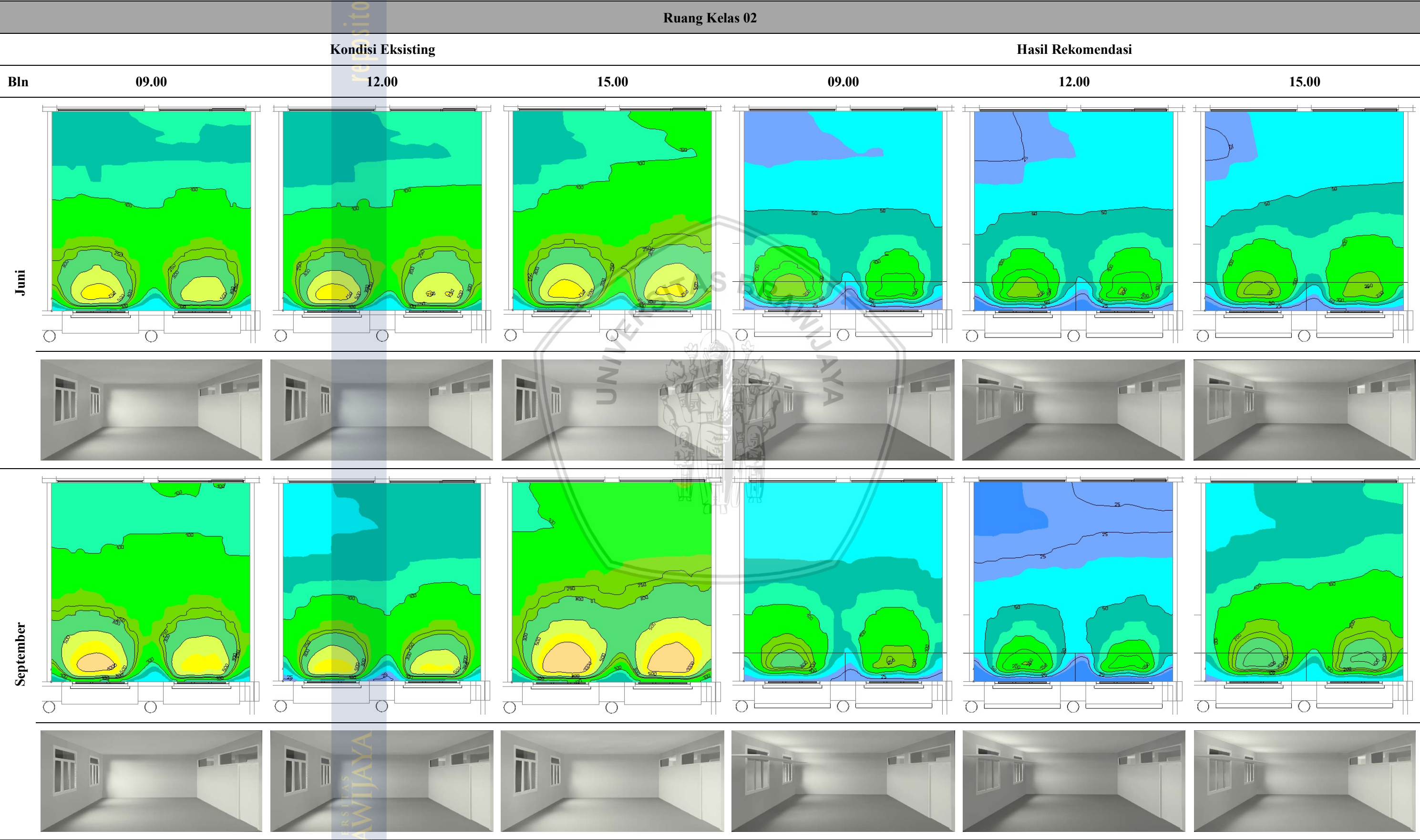
Rekomendasi Desain:

Intensitas pencahayaan ruang secara umum dapat diminimalisir dengan menggunakan *sun shading* dan material kaca *insulating glass*, dengan hanya terdapat 3% saja area yang memiliki intensitas pencahayaan di atas standar.

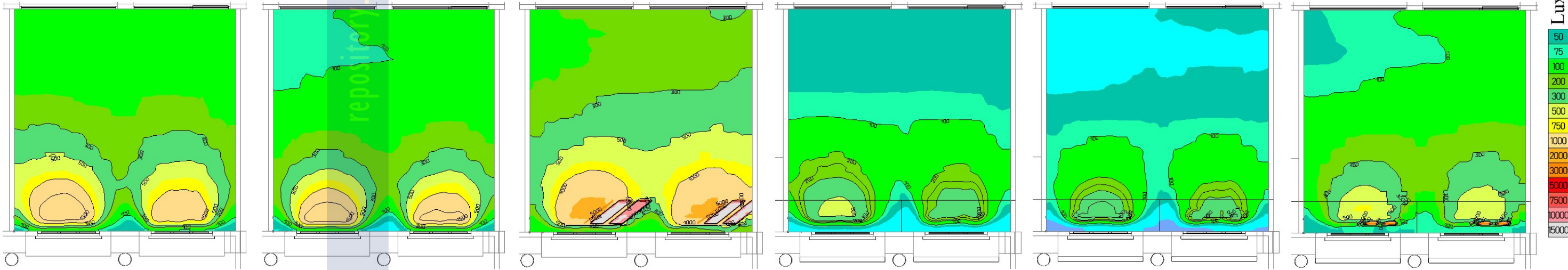
Sedangkan intensitas pencahayaan standar dapat mencapai 81%, hal ini mendapat pengaruh dari penggunaan elemen *lightshelf* yang berfungsi untuk membantu persebaran cahaya dalam ruang.

Akan tetapi terdapat 16% area yang memiliki intensitas pencahayaan yang di bawah standar sebagai konsekuensi dari upaya meminimalisir intensitas pencahayaan sebelumnya.

Keterangan



Desember



Kondisi Eksisting:

Intensitas pencahayaan yang masuk ke dalam ruang sangat tinggi/melebihi standar dengan hampir 29% area kondisi pencahayaannya melebihi standar, terlebih lagi pada bulan Desember pukul 15.00 terdapat cahaya langsung yang masuk ke dalam ruang yang menyebabkan silau/*glare*.

Tingkat pencahayaan standar mencapai 65% dan terdpat area yang memiliki pencahayaan di bawah standar sebesar 6% saja.

Rekomendasi Desain:

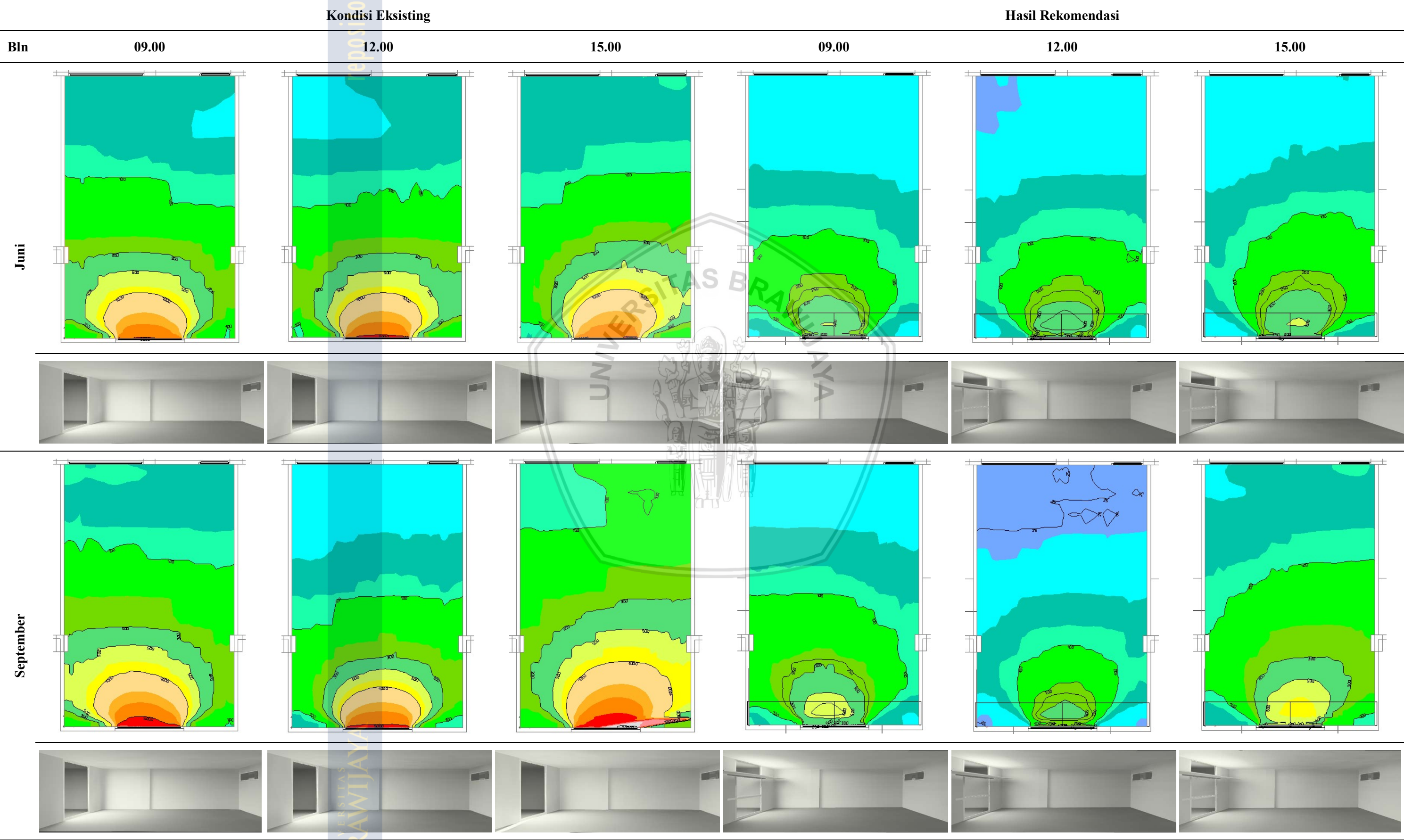
Intensitas pencahayaan ruang secara umum dapat diminimalisir dengan menggunakan *sun shadding* dan material kaca *insulating glass*, dengan hanya 2% saja area yang memiliki intensitas pencahayaan di atas standar.

Sedangkan intensitas pencahayaan standar dapat menacpai 76%, hal ini mendapat pengaruh dari penggunaan elemen *lightshelf* yang berfungsi untuk membantu persebaran cahaya dalam ruang.

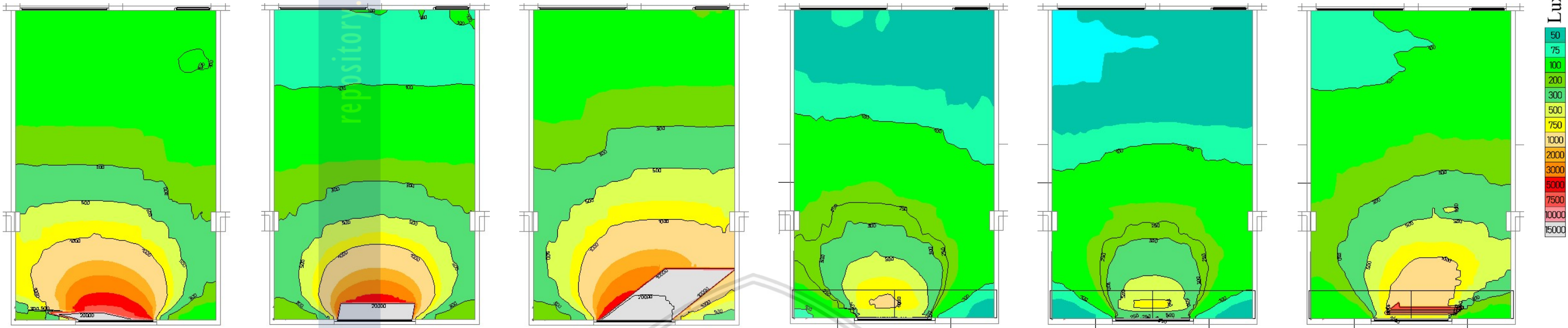
Akan tetapi terdapat konsekuensi dari upaya meminimalisir intensitas pencahayaan sebelumnya yakni area yang memiliki intensitas pencahayaan di bawah standar mencapa 22%.

Keterangan

Ruang Kelas 03



Desember



Kondisi Eksisting:

Intensitas cahaya yang masuk ke dalam ruang sangat tinggi/melebihi standar, hampir pada keseluruhan waktu terdapat cahaya langsung yang masuk ke dalam ruang kecuali pada bulan bulan Juni, tercatat sebesar 43% area yang memiliki intensitas pencahayaan di atas standar.

Sedangkan area yang memiliki intensitas pencahayaan standar hanya sebesar 54% dan sisanya sebesar 3% merupakan area yang memiliki intensitas pencahayaan di bawah standar.

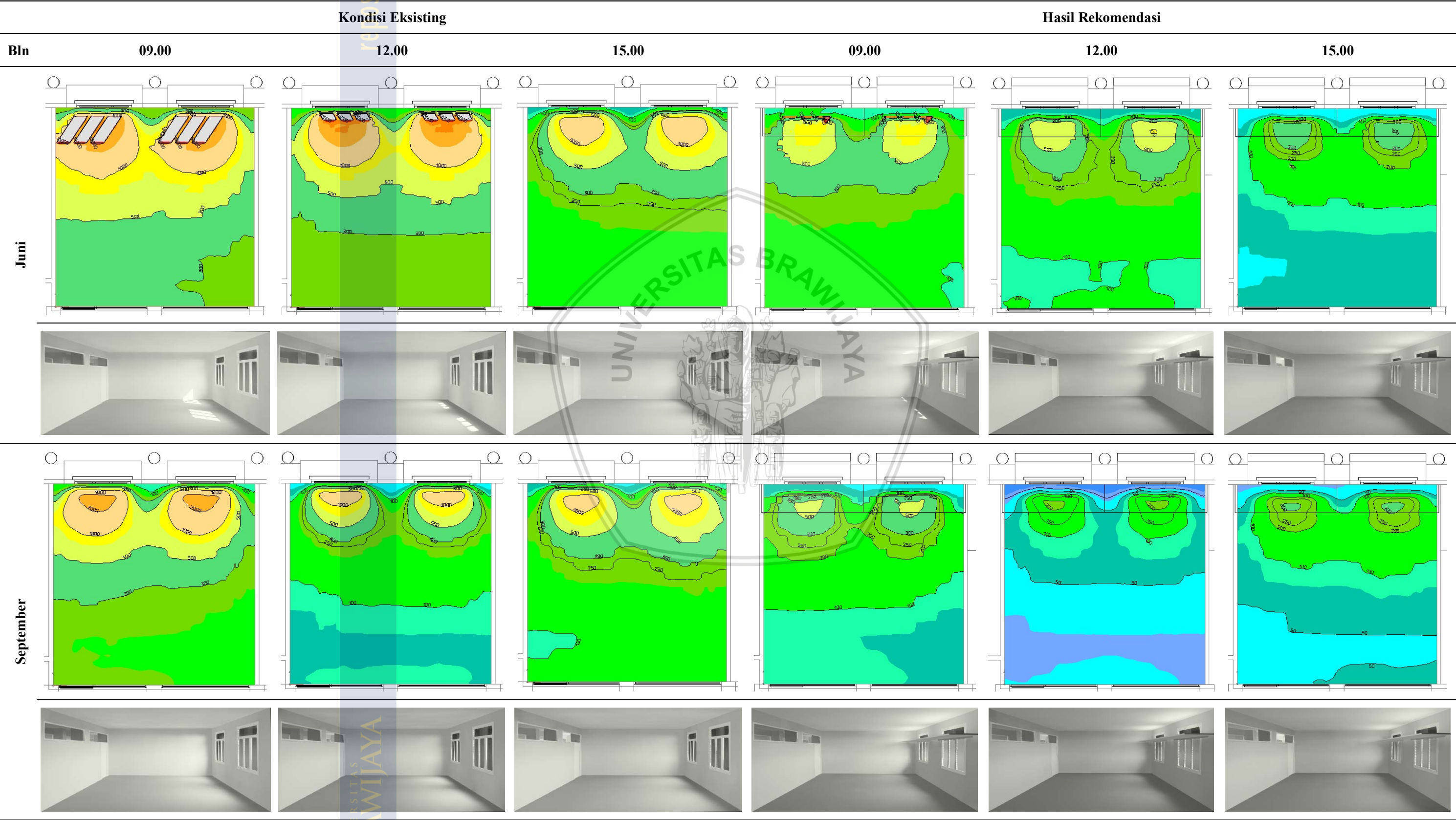
Rekomendasi Desain:

Dengan menggunakan *sun shading* dan material kaca *insulating glass*, intensitas cahaya yang masuk ke dalam ruang dapat diminimalisir terbukti dengan pencapaian untuk area yang mempunyai intensitas pencahayaan di atas standar hanya 12% saja, sedangkan sebesar 80% area mempunyai intensitas pencahayaan yang sesuai standar.

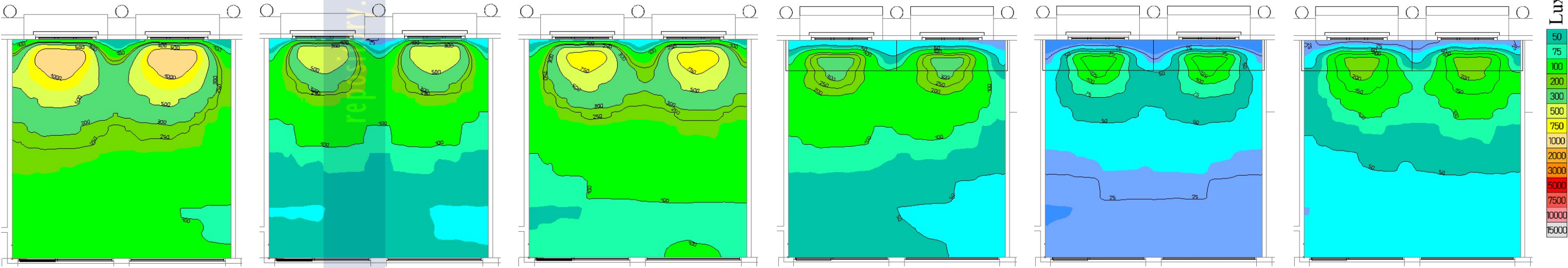
Dimensi ruang yang memanjang ke dalam, keberadaan elemen *lightshef* sangat diperlukan untuk meningkatkan persebaran cahaya dalam ruang, tercatat hanya 8% saja area dalam ruang yang mendapatkan intensitas pencahayaan di bawah standar.

Keterangan

Ruang Kelas 04



Desember



Kondisi Eksisting:

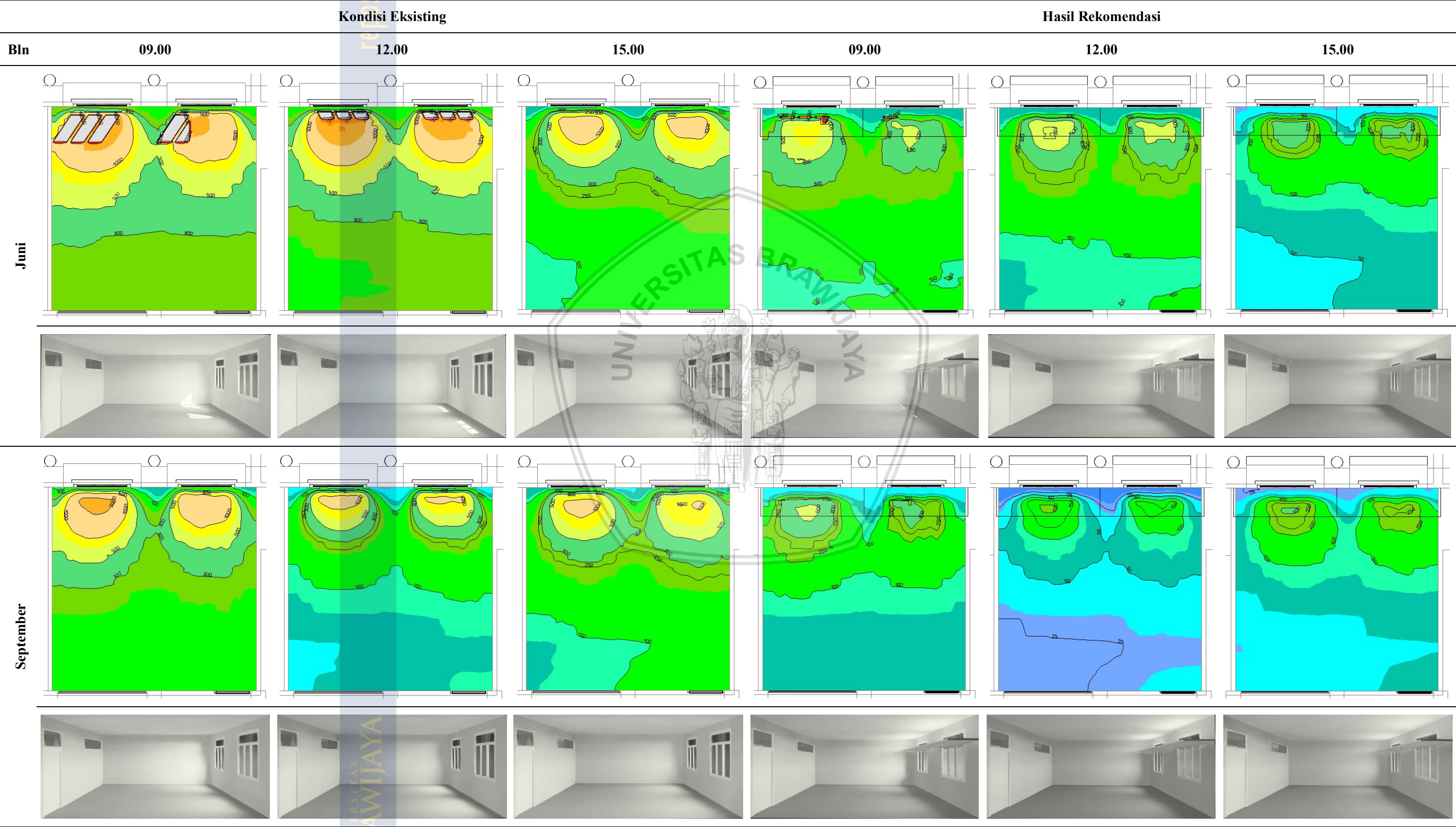
Intensitas pencahayaan yang masuk ke dalam ruang sangat tinggi/melebihi standar dengan hampir 31% area kondisi pencahayaannya melebihi standar, terlebih lagi pada bulan Juni pukul 09.00 dan pukul 12.00 terdapat cahaya langsung yang masuk ke dalam ruang yang menyebabkan silau/*glare*.
Tingkat pencahayaan standar mencapai 65% dan terdpat area yang memiliki pencahayaan di bawah standar sebesar 4% saja.

Rekomendasi Desain:

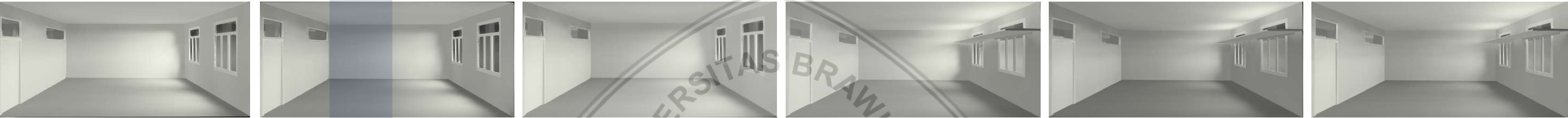
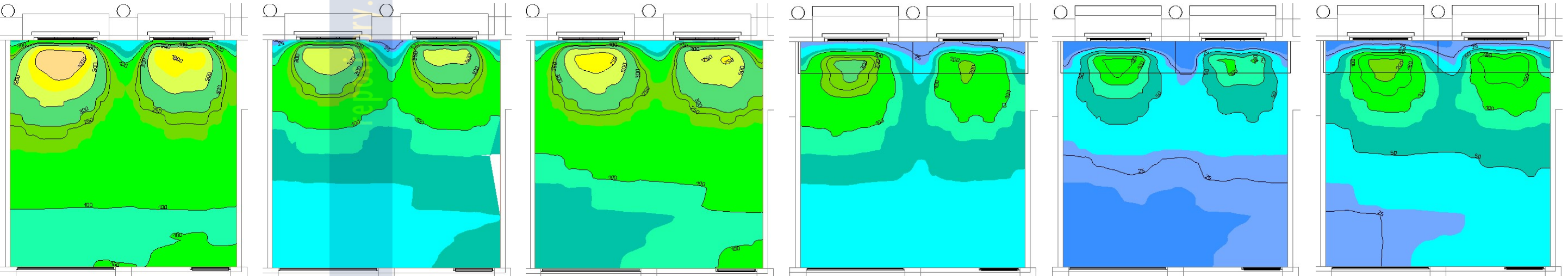
Intensitas pencahayaan ruang dapat diminimalisir dengan menggunakan *sun shading* dan material kaca *insulating glass*, dengan hanya 3% saja area yang memiliki intensitas pencahayaan di atas standar.
Sedangkan intensitas pencahayaan standar dapat menacpai 74%, hal ini mendapat pengaruh dari penggunaan elemen *lightshelf* yang berfungsi untuk membantu persebaran cahaya dalam ruang.
Akan tetapi terdapat konsekuensi dari upaya meminimalisir intensitas pencahayaan sebelumnya yakni area yang memiliki intensitas pencahayaan di bawah standar mencapa 23%.

Keterangan

Ruang Kelas 05



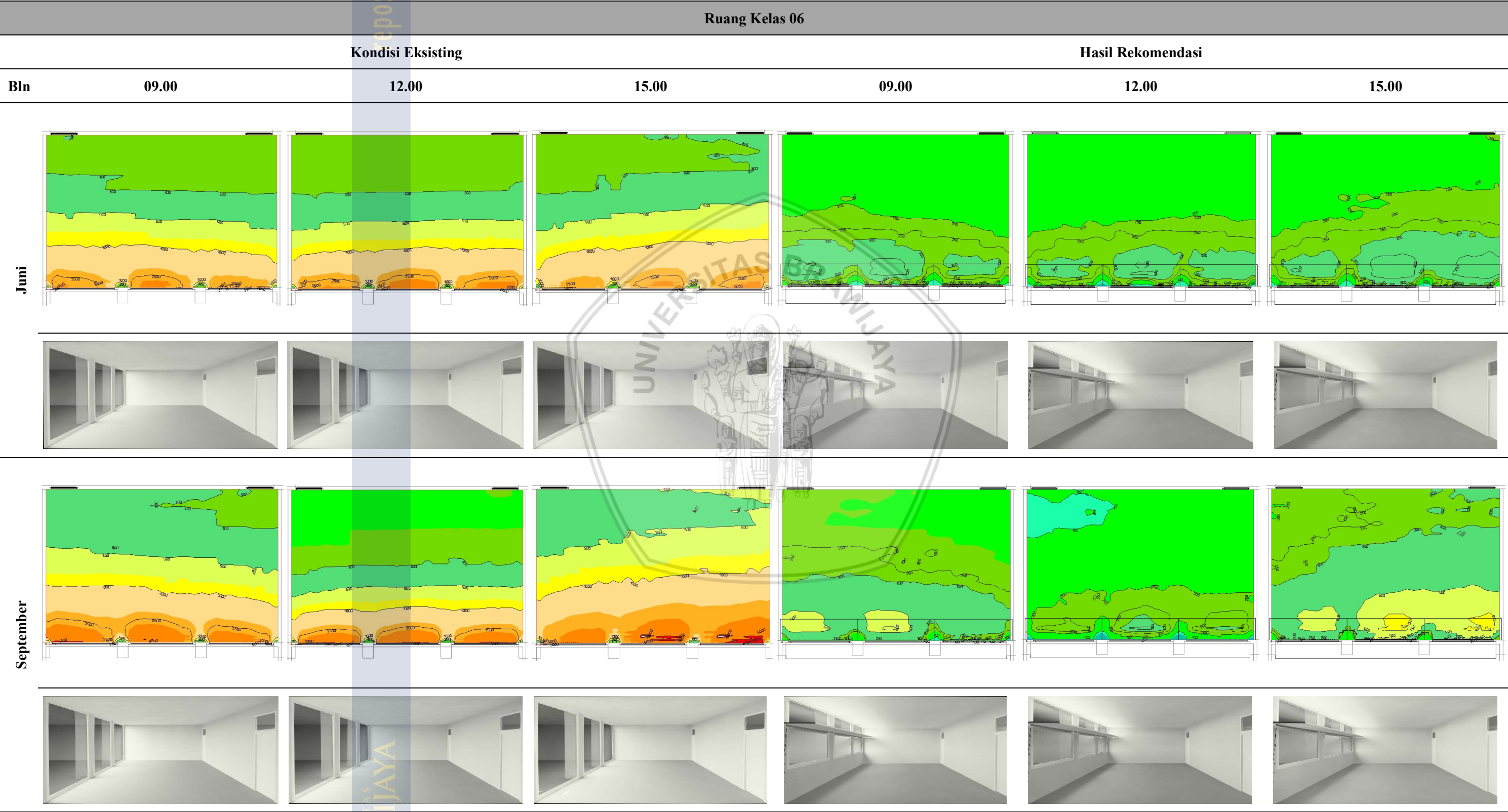
Desember

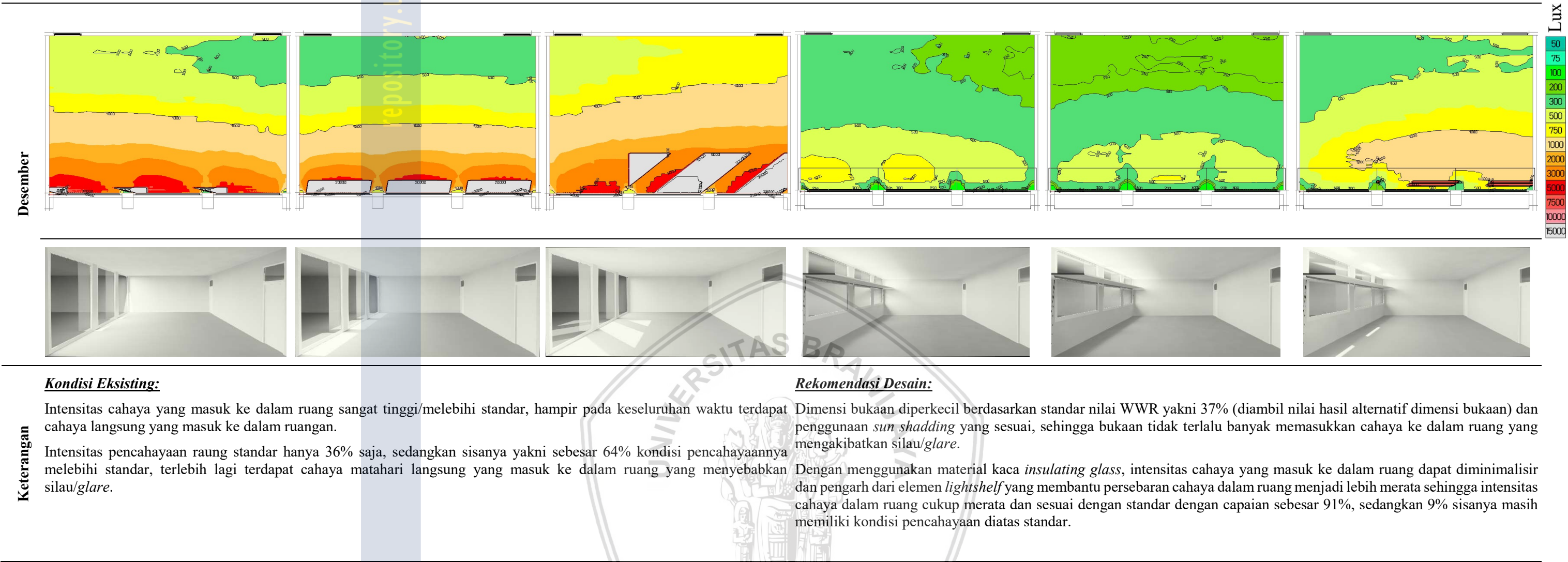


Keterangan

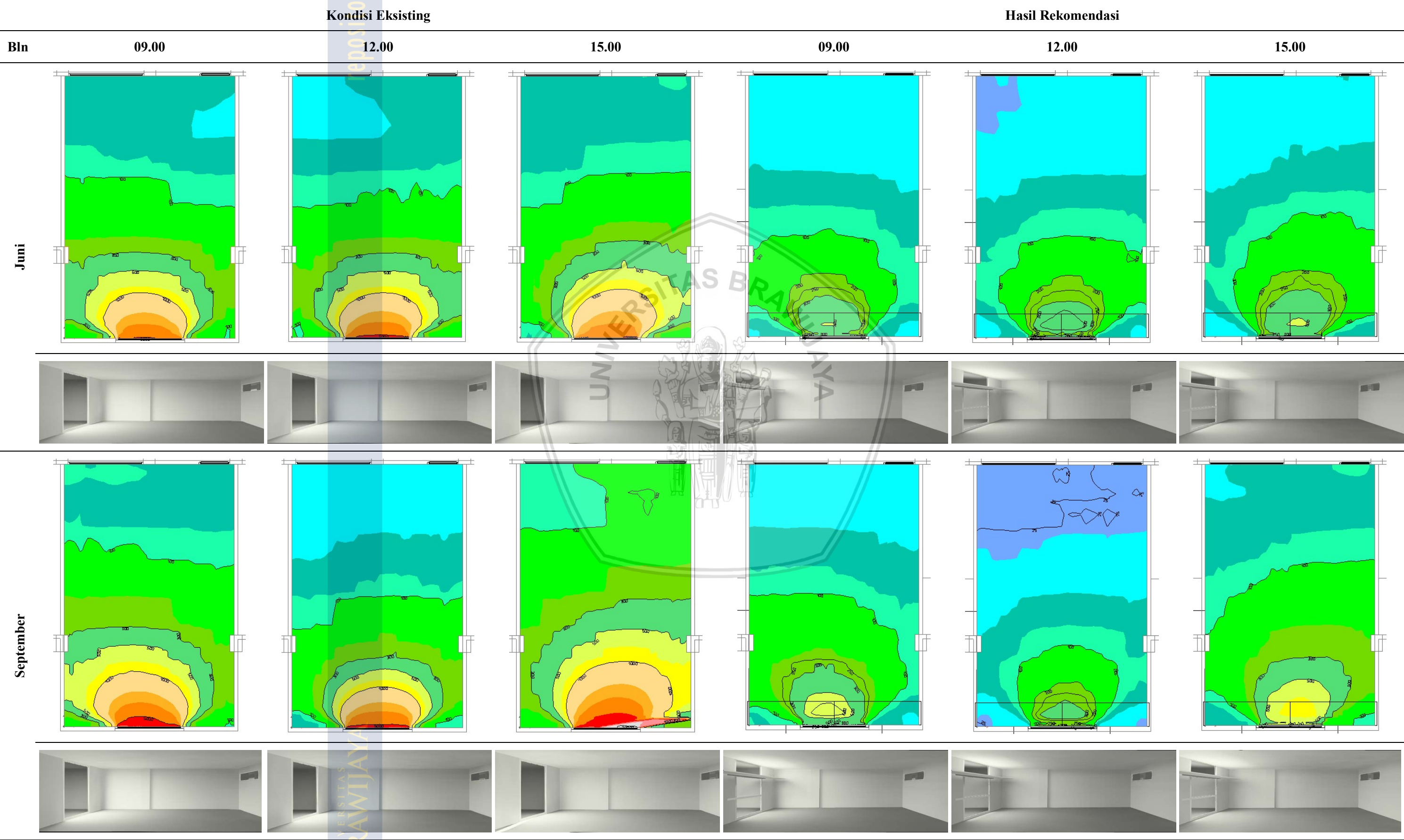
Kondisi Eksisting:
Intensitas pencahayaan yang masuk ke dalam ruang sangat tinggi/melebihi standar dengan hampir 33% area kondisi pencahayaannya melebihi standar, terlebih lagi pada bulan Juni pukul 09.00 dan pukul 12.00 terdapat cahaya langsung yang masuk ke dalam ruang yang menyebabkan silau/*glare*.
Tingkat pencahayaan standar mencapai 62% dan sisanya sebesar 5% merupakan area yang memiliki pencahayaan di bawah standar.

Rekomendasi Desain:
Intensitas pencahayaan ruang secara umum dapat diminimalisir dengan menggunakan *sun shading* dan material kaca *insulating glass*, dengan hanya terdapat 1% saja area yang memiliki intensitas pencahayaan di atas standar.
Sedangkan intensitas pencahayaan standar dapat mencapai 74%, hal ini mendapat pengaruh dari penggunaan elemen *lightshelf* yang berfungsi untuk membantu persebaran cahaya dalam ruang.
Akan tetapi terdapat 25% area yang memiliki intensitas pencahayaan yang di bawah standar sebagai konsekuensi dari upaya meminimalisir intensitas pencahayaan sebelumnya.

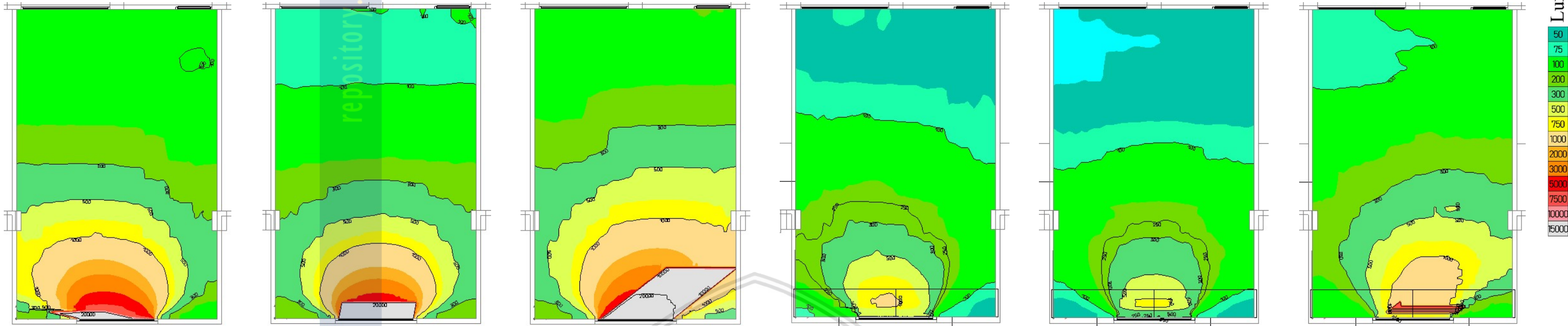




Ruang Kelas 07



Desember



Kondisi Eksisting:

Intensitas cahaya yang masuk ke dalam ruang sangat tinggi/melebihi standar, hampir pada keseluruhan waktu terdapat cahaya langsung yang masuk ke dalam ruang kecuali pada bulan bulan Juni, tercatat sebesar 43% area yang memiliki intensitas pencahayaan di atas standar.

Sedangkan area yang memiliki intensitas pencahayaan standar hanya sebesar 54% dan sisanya sebesar 3% merupakan area yang memiliki intensitas pencahayaan di bawah standar.

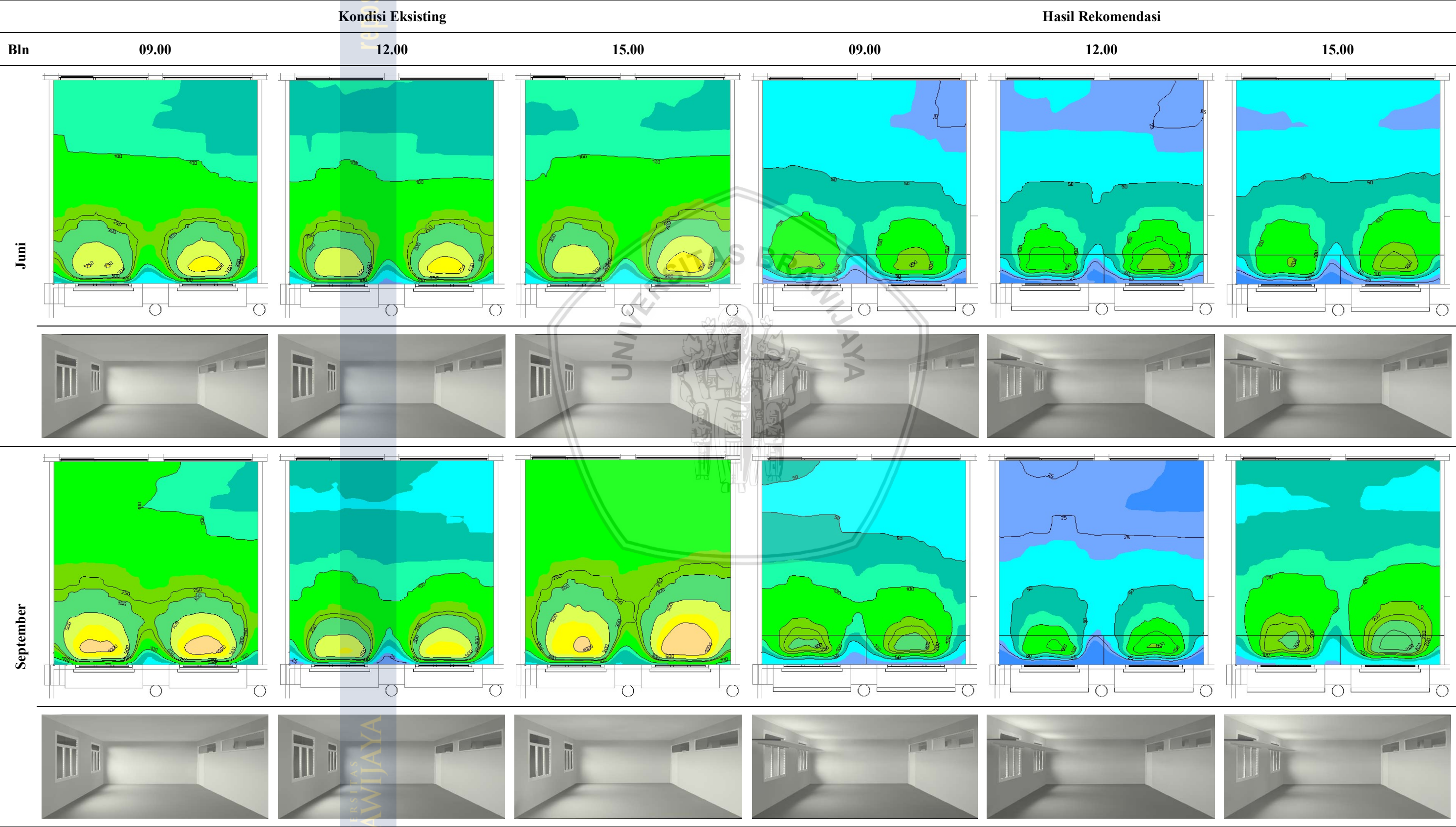
Rekomendasi Desain:

Dengan menggunakan *sun shading* dan material kaca *insulating glass*, intensitas cahaya yang masuk ke dalam ruang dapat diminimalisir terbukti dengan pencapaian untuk area yang mempunyai intensitas pencahayaan di atas standar hanya 12% saja, sedangkan sebesar 80% area mempunyai intensitas pencahayaan yang sesuai standar.

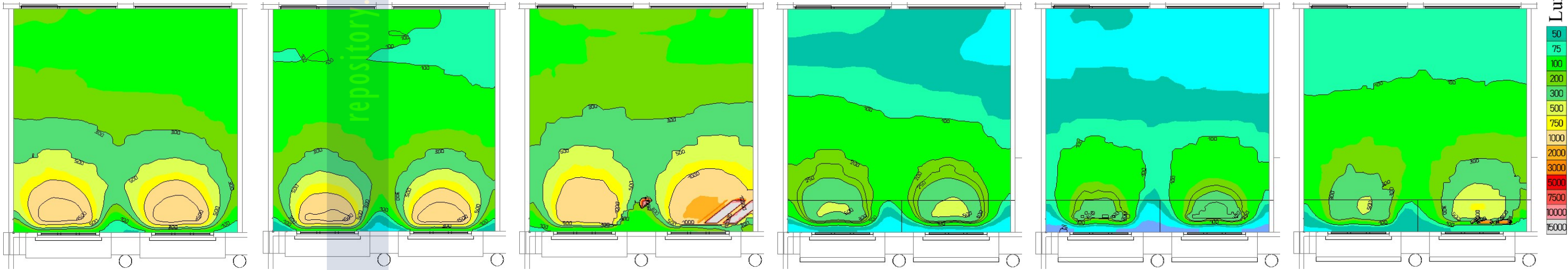
Dimensi ruang yang memanjang ke dalam, keberadaan elemen *lightshef* sangat diperlukan untuk meningkatkan persebaran cahaya dalam ruang, tercatat hanya 8% saja area dalam ruang yang mendapatkan intensitas pencahayaan di bawah standar.

Keterangan

Ruang Kelas 08



Desember



Kondisi Eksisting:

Intensitas pencahayaan yang masuk ke dalam ruang sangat tinggi/melebihi standar dengan hampir 29% area kondisi pencahayaannya melebihi standar, terlebih lagi pada bulan Desember pukul 15.00 terdapat cahaya langsung yang masuk ke dalam ruang yang menyebabkan silau/glare.

Tingkat pencahayaan standar mencapai 65% dan terdpat area yang memiliki pencahayaan di bawah standar sebesar 6% saja.

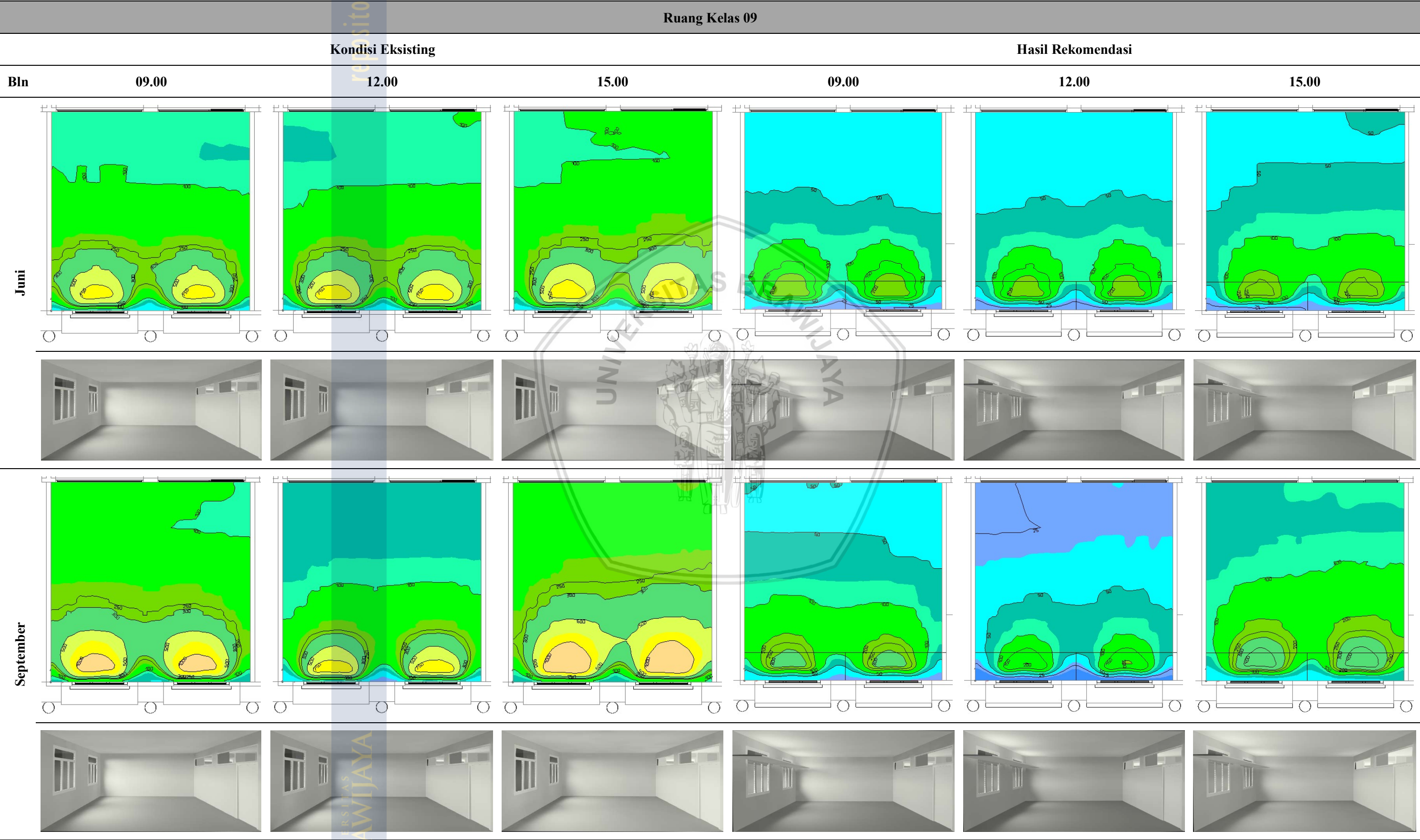
Rekomendasi Desain:

Intensitas pencahayaan ruang secara umum dapat diminimalisir dengan menggunakan *sun shadding* dan material kaca *insulating glass*, dengan hanya 2% saja area yang memiliki intensitas pencahayaan di atas standar.

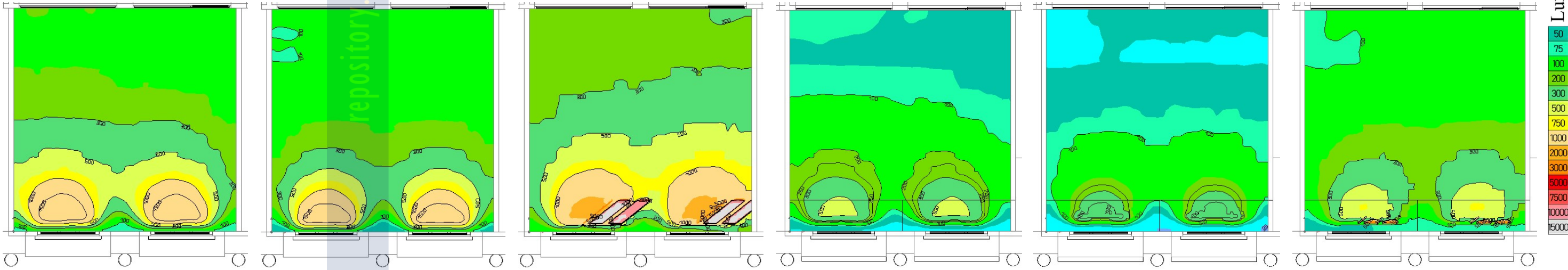
Sedangkan intensitas pencahayaan standar dapat menacpai 76%, hal ini mendapat pengaruh dari penggunaan elemen *lightshelf* yang berfungsi untuk membantu persebaran cahaya dalam ruang.

Akan tetapi terdapat konsekuensi dari upaya meminimalisir intensitas pencahayaan sebelumnya yakni area yang memiliki intensitas pencahayaan di bawah standar mencapa 22%.

Keterangan



Desember



Kondisi Eksisting:

Intensitas pencahayaan yang masuk ke dalam ruang sangat tinggi/melebihi standar dengan hampir 32% area kondisi pencahayaannya melebihi standar, terlebih lagi pada bulan Desember pukul 15.00 terdapat cahaya langsung yang masuk ke dalam ruang yang menyebabkan silau/glare.

Tingkat pencahayaan standar mencapai 64% dan sisanya sebesar 4% merupakan area yang memiliki pencahayaan di bawah standar.

Rekomendasi Desain:

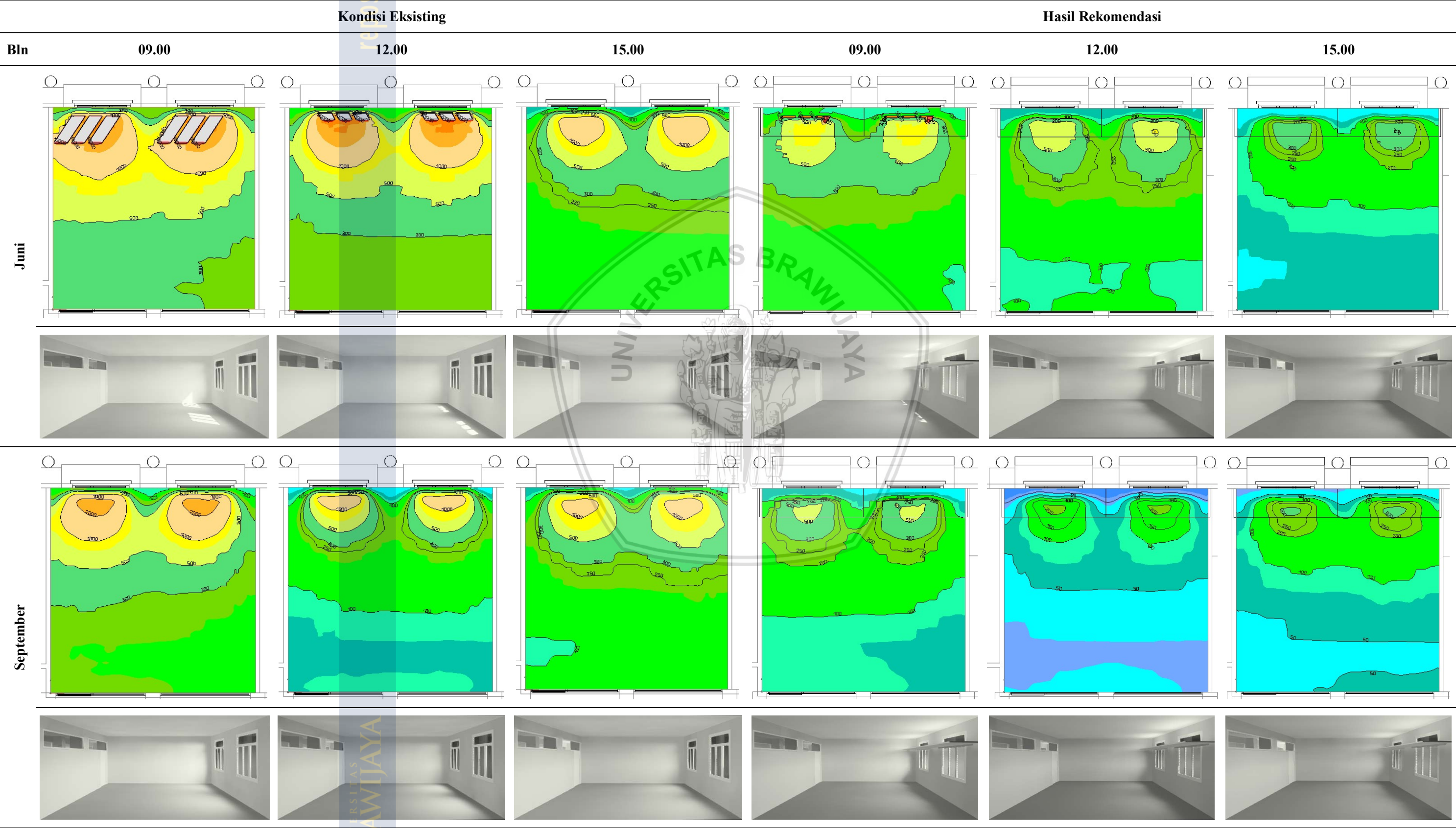
Intensitas pencahayaan ruang secara umum dapat diminimalisir dengan menggunakan *sun shading* dan material kaca *insulating glass*, dengan hanya terdapat 3% saja area yang memiliki intensitas pencahayaan di atas standar.

Sedangkan intensitas pencahayaan standar dapat mencapai 81%, hal ini mendapat pengaruh dari penggunaan elemen *lightshelf* yang berfungsi untuk membantu persebaran cahaya dalam ruang.

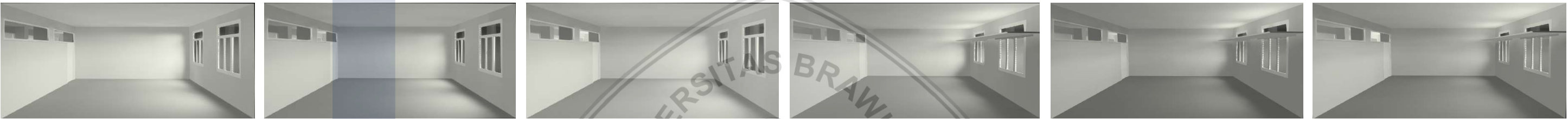
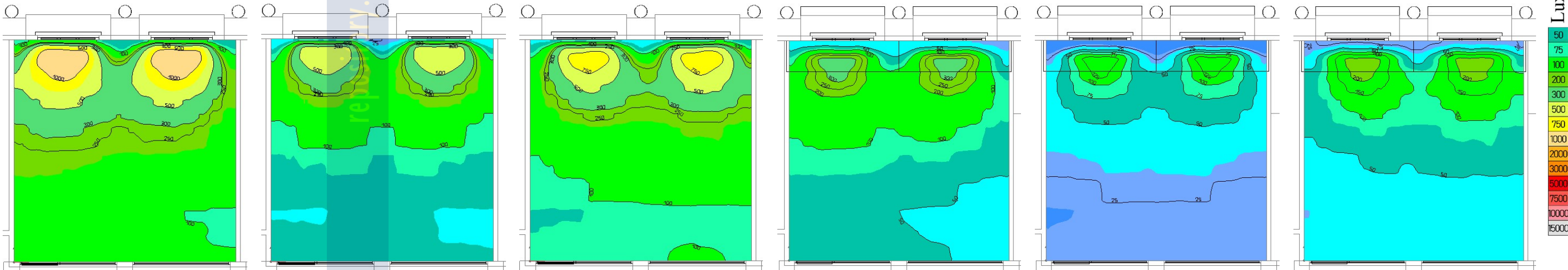
Akan tetapi terdapat 16% area yang memiliki intensitas pencahayaan yang di bawah standar sebagai konsekuensi dari upaya meminimalisir intensitas pencahayaan sebelumnya.

Keterangan

Ruang Kelas 10



Desember



Kondisi Eksisting:

Intensitas pencahayaan yang masuk ke dalam ruang sangat tinggi/melebihi standar dengan hampir 33% area kondisi pencahayaannya melebihi standar, terlebih lagi pada bulan Juni pukul 09.00 dan pukul 12.00 terdapat cahaya langsung yang masuk ke dalam ruang yang menyebabkan silau/*glare*.

Tingkat pencahayaan standar mencapai 62% dan sisanya sebesar 5% merupakan area yang memiliki pencahayaan di bawah standar.

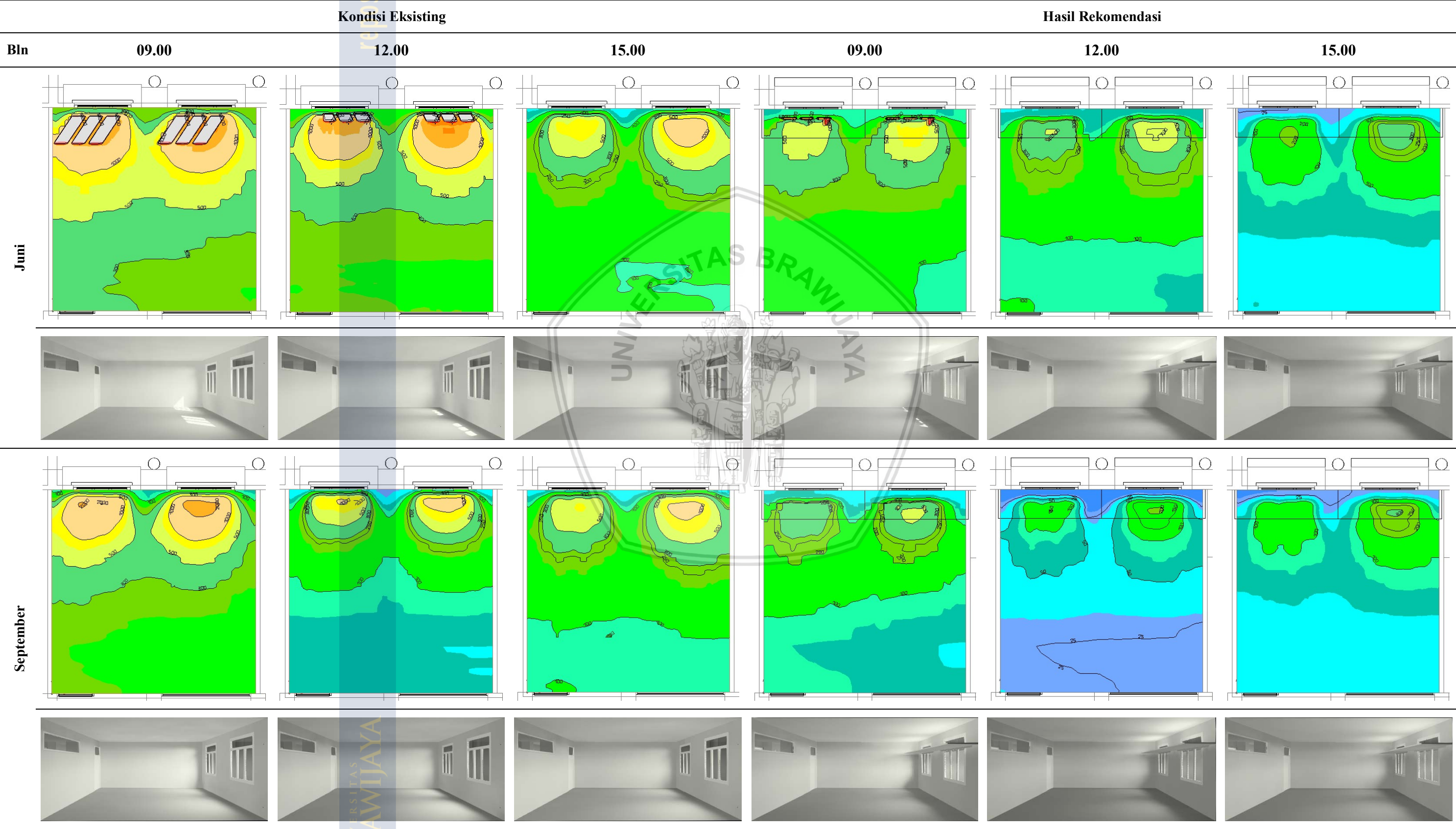
Rekomendasi Desain:

Intensitas pencahayaan ruang secara umum dapat diminimalisir dengan menggunakan *sun shading* dan material kaca *insulating glass*, dengan hanya terdapat 1% saja area yang memiliki intensitas pencahayaan di atas standar.

Sedangkan intensitas pencahayaan standar dapat mencapai 74%, hal ini mendapat pengaruh dari penggunaan elemen *lightshelf* yang berfungsi untuk membantu persebaran cahaya dalam ruang.

Akan tetapi terdapat 25% area yang memiliki intensitas pencahayaan yang di bawah standar sebagai konsekuensi dari upaya meminimalisir intensitas pencahayaan sebelumnya.

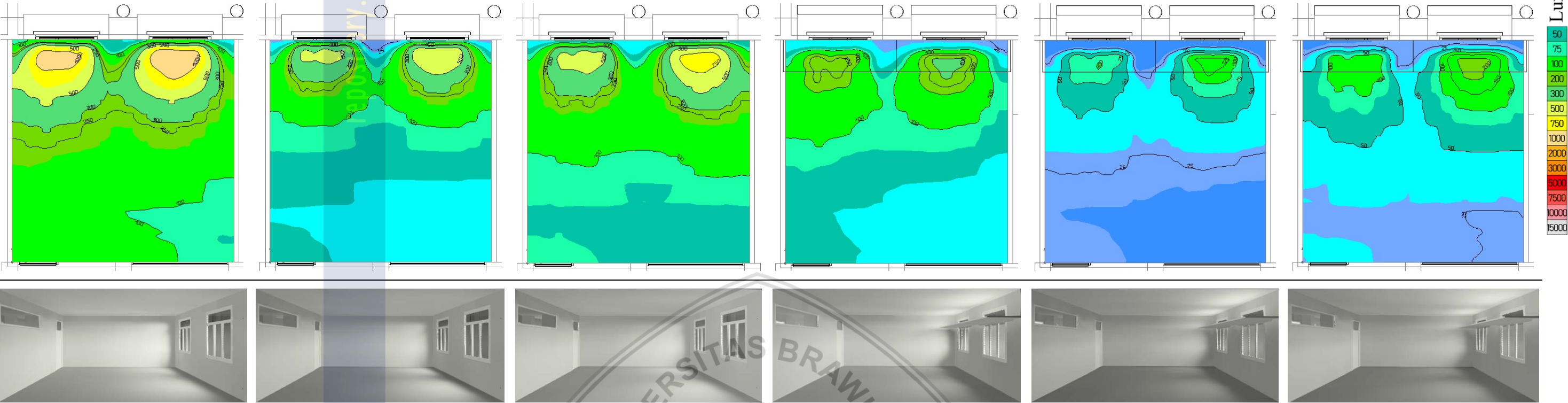
Ruang Kelas 11



Lux
50
75
100
200
300
500
750
1000
2000
3000
5000
7500
10000
15000

Lux
50
75
100
200
300
500
750
1000
2000
3000
5000
7500
10000
15000

Desember



Kondisi Eksisting:

Intensitas pencahayaan yang masuk ke dalam ruang sangat tinggi/melebihi standar dengan hampir 31% area kondisi pencahayaannya melebihi standar, terlebih lagi pada bulan Juni pukul 09.00 dan pukul 12.00 terdapat cahaya langsung yang masuk ke dalam ruang yang menyebabkan silau/glare.

Tingkat pencahayaan standar mencapai 65% dan terdpat area yang memiliki pencahayaan di bawah standar sebesar 4% saja.

Rekomendasi Desain:

Intensitas pencahayaan ruang dapat diminimalisir dengan menggunakan *sun shading* dan material kaca *insulating glass*, dengan hanya 3% saja area yang memiliki intensitas pencahayaan di atas standar.

Sedangkan intensitas pencahayaan standar dapat mencapai 74%, hal ini mendapat pengaruh dari penggunaan elemen *lightshef* yang berfungsi untuk membantu persebaran cahaya dalam ruang.

Akan tetapi terdapat konsekuensi dari upaya meminimalisir intensitas pencahayaan sebelumnya yakni area yang memiliki intensitas pencahayaan di bawah standar mencapa 23%.

Kesimpulan akhir yang didapatkan adalah dengan menggunakan dimensi bukaan yang ideal, menyesuaikan lebar *sun shading* dan mengganti materia kaca dari eksisting yang menggunakan kaca bening/*clear float glass* diganti dengan kaca *insulating glass* yang mempunyai transmisi cahaya yang lebih rendah, berdampak mengurangi efek silau/*glare* dan mengatasi permasalahan intensitas cahaya yang berlebih pada ruang. Sedangkan penambahan elemen reflektor cahaya/*lightshef* dapat memberikan distribusi cahaya lebih merata dalam ruangan, sehingga kontras cahaya tidak terlalu besar antara area yang dekat dengan bukaan dengan area yang jauh dari bukaan.



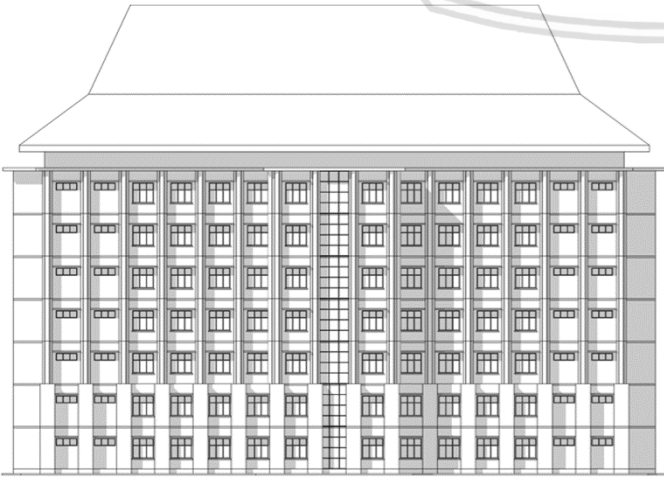
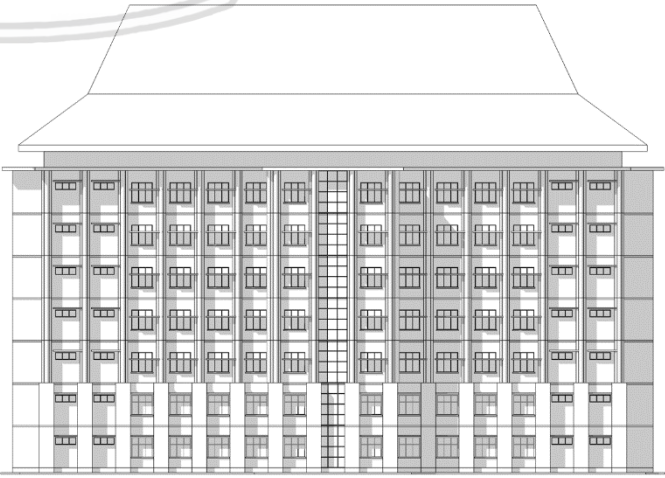
Dari apa yang telah dilakukan dalam analisis kondisi eksisting sampai rekomendasi desain, didapatkan hasil yang dapat memperoleh tingkat intensitas pencahayaan dengan memanfaatkan pencahayan alami lebih optimal dan sesuai dengan standar SNI.

4.7.2 Perubahan Tampilan *Façade* (*Eksterior*) dan Ruang Dalam (*Interior*)

Hasil rekomendasi desain tersebut tentunya akan merubah tampilan bangunan secara fisik dan dapat dilihat secara visual. Dampak yang terjadi adalah apakah hasil rekomendasi desain akan berdampak negatif atau positif terhadap estetika bangunan. Oleh karena itu ditampilkan visualisasi tampilan *façade* (*eksterior*) dan kondisi ruang dalam (*interior*) sebelum dan sesudah aplikasi rekomendasi desain untuk mengetahui perbandingannya.

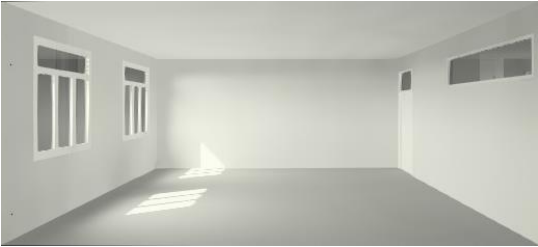


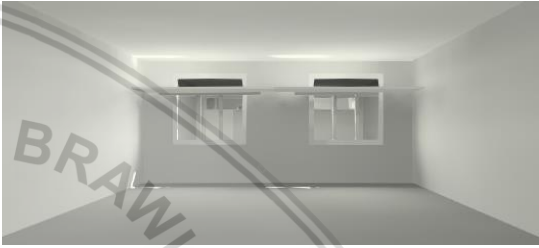

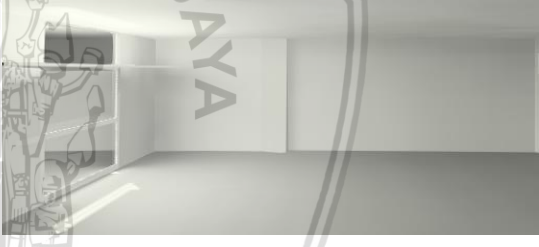




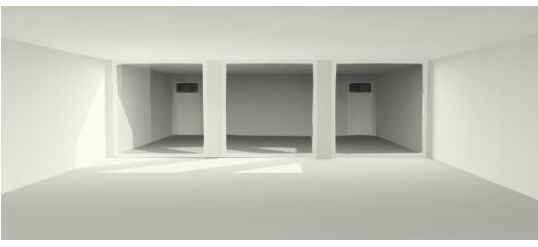
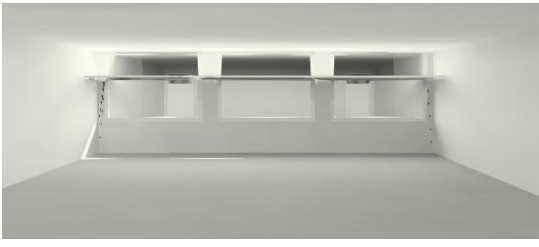
Untuk perubahan tampilan *façade* (*eksterior*) bangunan dapat dilihat pada tabel 4.16 berikut:

Tabel 4. 16 Perubahan tampilan *façade* (*eksterior*) bangunan

Sebelum	Sesudah
	
Tampak Depan (<i>Façade</i> selatan)	Tampak Depan (<i>Façade</i> selatan)
	
Tampak Belakang (<i>Façade</i> utara)	Tampak Belakang (<i>Façade</i> utara)

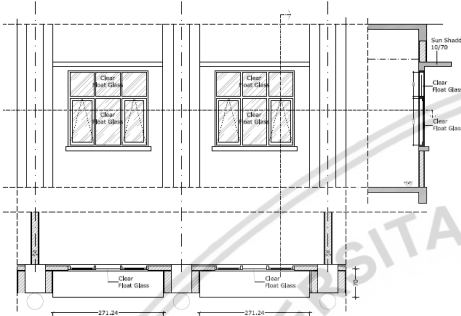
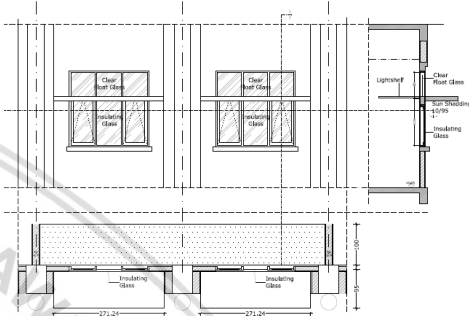
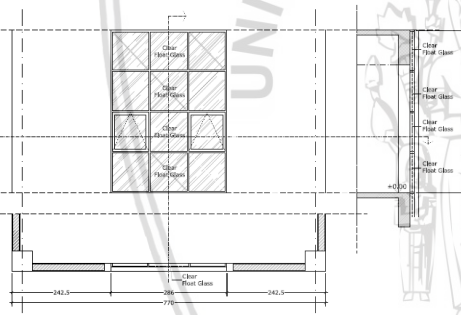
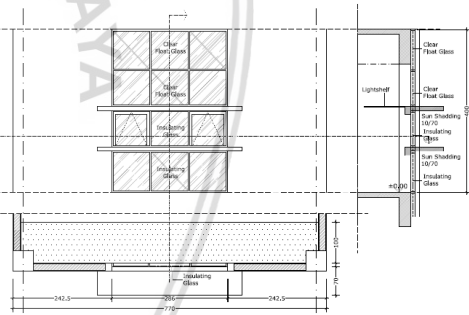
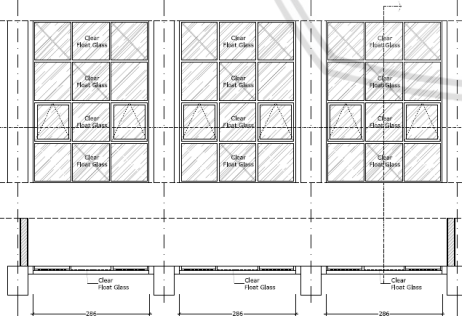
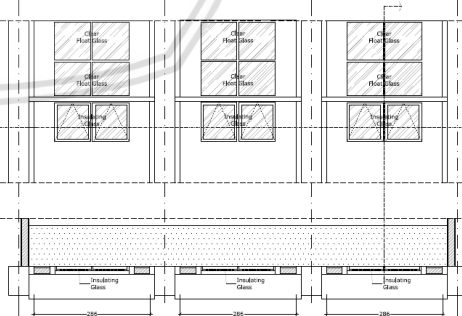
Untuk perubahan tampilan ruang dalam (*interior*) bangunan dapat dilihat pada tabel 4.17 berikut:

Tabel 4. 17 Perubahan tampilan ruang dalam (*interior*) bangunan

Kondisi	Sebelum	Sesudah
Tipe 1		
		
Tipe 2		
		
Tipe 3		
		

Dikarenakan perubahan fisik tampilan bangunan ini berkaitan dengan perubahan dimensi, maerial dan bentukan dari bukaan, maka sebagai gambaran detail dapat dilihat pada tabel 4.18 berikut yang menjelaskan perubahan detail bukaan dari 3 tipe bukaan pada bangunan eksisting:

Tabel 4. 18 Detail perubahan dimensi, material dan bentukan bukaan

Kondisi	Sebelum	Sesudah
Tipe 1		
Tipe 2		
Tipe 3		

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dari 11 ruangan dengan 3 tipe bukaan dan 2 sisi/arah bukaan, sebagian besar ruang kelas secara eksisting mempunyai permasalahan utama yakni tingginya intensitas cahaya dalam ruang dan perbedaan kontras antara area yang dekat bukaan dengan area yang jauh dari bukaan sehingga menimbulkan persebaran cahaya yang tidak merata.

Sehingga solusi untuk penerapan pencahayaan alami pada ruang kelas gedung Fakultas Ilmu Sosial Universitas Negeri Malang ini dapat diperoleh dengan melakukan modifikasi pada aspek dimensi bukaan, material kaca, *sun shading* dan reflektor cahaya/*lightshelf*.

Berikut adalah rincian solusi dari rekomendasi desain yang didapatkan dan telah diuji dalam simulasi *software DIALux evo 7.1* serta dianggap paling optimal:

- a. Dimensi bukaan terkait dengan nilai WWR (Window to Wall Ratio) sesuai standar ditetapkan antara 25-50%, pada eksisting bukaan yang tidak memenuhi standar hanya pada bukaan tipe 3, sehingga pada rekomendasi diterapkan luasan bukaan pada tipe 3 ini sebesar 37% (hasil analisis alternatif dimensi bukaan), sehingga intensitas cahaya pada ruang tidak terlalu besar.
- b. Material kaca yang semula menggunakan kaca bening/*clear* diganti dengan kaca *insulating glass* yang memiliki nilai transmisi cahaya yang lebih kecil dari kaca bening/*clear*, sehingga dapat mereduksi cahaya yang masuk ke dalam ruang.
- c. Dimensi *sun shading* pada bukaan tipe 1 lebarnya disesuaikan kembali berdasarkan analisis SBV dan SBH, begitu pula dengan bukaan tipe 2 dan tipe 3 yang semula tidak terdapat *sun shading*. Hasil yang didapatkan dari analisis SBV dan SBH menghasilkan lebar *sun shading* yang tidak efektif diterapkan baik secara struktur maupun secara estetika visual, karena lebar *sun shading* lebih dari 2 meter. Oleh

karena itu desain *sun shading* diintegrasikan dengan penggunaan reflektor cahaya/*lightshelf* yang ditempatkan di dalam ruang, sehingga lebar *sun shading* yang berada di luar dapat diperkecil.

- d. Aplikasi reflektor cahaya/*lightshelf* yang paling pokok adalah mendistribusikan cahaya ke dalam ruang dengan cara memantulkan cahaya ke langit-langit sehingga dapat meminimalisir kontras cahaya antara area yang dekat bukaan dengan area yang jauh dari bukaan. Material *lightshelf* yang dipilih berwarna cerah dengan tingkat refleksi cahaya yang cukup besar.

5.2 Saran

Hasil rekomendasi desain pencahayaan alami pada ruang kelas gedung Fakultas Ilmu Sosial Universitas Negeri Malang ini hanya terbatas pada penggunaan variabel selubung bangunan, yakni dimensi bukaan, material kaca, *sun shading* dan penggunaan reflektor cahaya/*lightshelf*, sehingga diharapkan penelitian ini dapat dijadikan inspirasi untuk tindakan lanjutan untuk mendapatkan strategi-strategi baru yang lebih efektif dan efisien dalam pemanfaatan pencahayaan alami, tidak hanya terbatas pada fungsi pendidikan/ruang kelas.

Kelemahan yang tidak dapat dipungkiri dari penerapan pencahayaan alami saja pada ruang, tidak dapat memperoleh intensitas cahaya yang merata pada keseluruhan ruang secara efisien, hal ini tentunya harus diaplikasikan sistem pencahayaan buatan untuk bersinergi dalam mendapatkan kualitas pencahayaan guna menciptakan kenyamanan visual sesuai standar SNI.

Untuk itu saran kedepannya, penelitian ini diharapkan dapat dijadikan rujukan tentang pencahayaan alami khususnya pada fungsi bangunan pendidikan/ruang kelas, yang kemudian dapat dikembangkan dengan integrasinya dengan pencahayaan buatan dan analisis penghematan energi yang di dapatkan dari pengoptimalan pencahayaan alami ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Abraham. (2007). *Pengaturan Tata Ruang Kelas dan Optimalisasi Pecahayaannya Alami*. Jakarta: Jurnal Arsitektur.
- Egan, D.M. (1983). *Concepts in Architectural Lighting*. Mc Graw Hill Books Company: New York.
- Ganslandt, R. Hofmann H. (1992). *Handbook of Lighting Design*. Germany: ERCO Leuchten GmbH.
- IFC. (2012). *Vol-1 Selubung Bangunan*. Panduan Pengguna Bangunan Gedung Hijau Jakarta Berdasarkan Peraturan Gubernur No. 38/2012: Jakarta
- IFC. (2012). *Vol-3 Sistem Pencahayaan*. Panduan Pengguna Bangunan Gedung Hijau Jakarta Berdasarkan Peraturan Gubernur No. 38/2012: Jakarta
- Lam, William M.C. (1977). *Perception and Lighting as Formgivers for Architecture*. Van Nostrand Reinhold: New York.
- Latifah, N.L. (2015). *Fisika Bangunan 2*. Jakarta: Griya Kreasi
- Lechner. (2007). *Heating, Cooling, Lighting: Metode Desain untuk Arsitektur Edisi 2*. Terjemahan Sandriana Siti. Jakarta: PT Raja Grafindo Persada.
- Lippsmeier, Georg. (1994). *Bangunan Tropis*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- SNI 03-6197-2000 tentang *Konservasi Energi Sistem Pencahayaan pada Bangunan Gedung*. Badan Standardisasi Nasional.
- SNI 03-2396-2001 tentang *Tata Cara Perancangan Sistem Pencahayaan Alami pada Bangunan Gedung*. Badan Standardisasi Nasional.
- SNI 16-7062-2004 tentang *Pengukuran Intensitas Penerangan di Tempat Kerja*. Badan Standardisasi Nasional.
- Wurm, Jan. (2007). *Glass Structures : Design and Construction of Self-Supporting Skin*. Birkhäuser: Berlin